د.و.بسيرى

فيزياء السحب

ترجمة

عزيز فريصة

تقديم ومراجعة

د. صفوت عبد العزيز

الكتاب: فيزياء السحب

الكاتب: د.و.بسيرى

ترجمة : عزيز فريصة

تقديم ومراجعة: د. صفوت عبد العزيز

الطبعة: ٢٠٢١

الطبعة الأولى : ١٩٦٠

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

APA

http://www. bookapa.com **E-mail: info@bookapa.com**

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

بسيرى ، د.و.

فيزياء السحب / د.و.بسيرى, ترجمة : عزيز فريصة ، تقديم ومراجعة: صفوت عبد العزيز

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٢١٣ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ٥ – ١٣٣ – ٩٩١ – ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٤٢١٩ / ٢٠٢١

فيزياء السحب





تقديم

تتكون السحب من ملايين الجزيئات الصغيرة من الماء ،ويتمكن الهواء من حملها بسبب صغرها الشديد ، فتتمكن الرياح من نقلها وتحريكها من مكان ما إلى مكان آخر . أي أن السحب تتكون من الماء المتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ، ثم تتحول إلى الحالة السائلة مرة أخرى. فالشمس عندما تشرق فوق المسطحات المائية تؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة سطح الماء , وعند درجة حرارة معينة تتحول الماء من الحالة السائلة الى بخار ماء ، وترتفع فى الهواء وهذه العملية الفيزيائية تسمى التبخر.

وتبدأ عملية التبريد كلما ارتفع بخار الماء اكثر , ثم يتحول مرة أخرى إلى قطرات ماء مكثفة , فتتكون عندئذ قطرة الندى ، وتظل تلك القطرات الصغيرة معلقة فى الغلاف الجوى للأرض و تتجمع مع بعضها ,لتكون ما يسمى بالسحب ، وكلما زاد عدد قطرات الماء المكونة للسحب كلما أصبحت السحب أكبر وأثقل ، وعند نقطة معينة ينطلق الماء خارجا من هذه السحب فتعيده الجاذبية مرة أخرى إلى الأرض.

وهناك طريقة جيدة يعرف بها الجغرافيون والعاملون في مجال الأرصاد الجوية أي السحب التي تحتوي على قطرات ماء أكثر ,وتعتمد هذه الطريقة على ملاحظة لونها بالإضافة إلى ملاحظة مدى ثقلها و كبر حجمها.

فالسحب التي نراها بيضاء تحتوى على كمية قليلة من الماء ، وهو ما يتيح مساحة يمر من خلالها ضوء الشمس ، وهذا يجعلها تبدو بيضاء ، وتصبح

السحابة غامقة اللون ورمادية أكثر كلما تراكمت فيها قطرات ماء أكثر ، وهذا ليس بسبب أن لون الماء رمادى , بل لأن وجود تلك القطرات المتجمعة معا لا يسمح لضوء الشمس بالمرور من خلالها مما يجعلها تبدو مظلمة ، وعند اشتداد رمادية تلك السحب تتساقط الأمطار بغزارة ونرى فيها احيانًا البرق.

ويحدث البرق داخل السحابة نفسها ، وليس خارجها ، وعندما يهرب البرق من السحابة يبقى فقط لجزء من الثانية ، لكنه يحتوي على مئات الملايين من فولتات الكهرباء.

وكلما كبر حجم السحب الغائمة ، وتحتوي السحب على مجموعات ضخمة من الجسيمات موجبة الشحنة هي البروتونات ، وهي تتحرك متجهة لأعلى السحابة ، وأيضا مجموعات ضخمة من جسيمات أخرى سالبة الشحنة تدعى إلكترونات ،وهي تتحرك باتجاه أسفل السحابة،وكلما تلاقت تلك الشحنات السالبة بالشحنات الموجبة تنمو السحابة ، وعند حد معين من النمو يسبب ذلك التلاقي بين تلك المجموعات الضخمه مختلفة الشحنات الظاهرة المسماة البرق .

وعلى الرغم من أن البرق يمكن رؤيته كصاعقة واحدة , إلا أنه فى الواقع صاعقة على الأرض بالإضافة إلى عدة صواعق عائدة للسحابة , وصواعق البرق يمكن أن تصل لدرجات حرارة ٥٠٠٠٠ درجة فهرنهيت وهي ما يعادل ٢٧٧٦٠ درجة سلزيوس .

وهذه الحرارة الشديدة هى السبب في حدوث الرعد حيث أن الضغط الزائد داخل مسار البرق يتمدد بمعدلات أسرع من الصوت, مما يؤدى إلى صوت الرعد الذى نسمعه وأكثر ترددات للبرق سجلت فى وسط أفريقيا، جبال الهيمالايا.

وقد لاحظ فرانكلين سنة ١٧٥٢م أن السحب التي تفجر الصاعقة تكون غالباً في حالة كهربائية سالبة , لكن تكون أحياناً في حالة موجبة. وقد تبين للعلماء فيما بعد أن هذا الاشتباه ناتج عن مشاهدات مغلوطة , ومع ذلك فقد كان من المسلَّم به أن الانفراغ الكهربائي البرقي هو انتقال الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة من منطقة أولى في السحابة إلى منطقة أخرى أو بين السحابة والأرض , ولكي يحدث انتقال الشحنة هذا يجب أن تتكهرب السحابة , أي تنفصل الشحنات الموجبة عن السالبة .

وقد ركزت دراسات البرق الأولى على الومضات بين السحابة و الأرض لأنها متاحة جداً للرصد البصري والتصويري ، ولكن تبين للعلماء في مرحلة تالية أن البرق أكثر تكراراً و أوسع امتداداً بكثير داخل نطاق السحابة نفسها , حيث يكون محجوباً عن النظر بسبب ما يسميه الجغرافيون لا انفاذية السحابة أي عدم تمكن الضوء من المرور خلالها.

وبعد مشاهدات فرانكلين افترض العلماء توزع الشحنة في سحابة مطيرة هو أبسط توزع يمكن تصوره , أي شحنات موجبة في منطقة أولى من السحابة وشحنات سالبة في منطقة أخرى , تسمى بنية كهذه (ثنائية القطب) وقد استعان الباحثون في محاولاتهم تعليل البنية الثنائية القطب للسحب الرعدية بنموذجين مختلفين جداً هما : – فرضية الهطل – فرضية الحمل.

وهناك قاعدة معروفة في الفيزياء تقول بأن لا شيء يأتي من العدم , فالطاقة الكهربائية التي يحررها الانفراغ البرقي يجب أن تأتي من مكان ما ، وهي تستمد في البداية من الحرارة التي تسبب تمدد بخار الماء فيصير أقل كثافة من الهواء المحيط به , ولذلك يصعد وأثناء صعوده يتكاثف أو يتجمد فتنطلق الحرارة الكامنة و يبدأ حينئذ الماء السائل أو الجليد بالسقوط. ووفقاً لنموذج

الهطل فإن الطاقة التثاقلية التي يحررها الهطل هي الطاقة المتاحة لتكهرب السحابة. وهي تساوي قوة الجاذبية الفاعلة في الكتلة الساقطة بمسافة الهبوط التي تقطعها الكتلة.

تمثل هذه الظواهر البصرية خاتمة كتاب "فيزياء السحب" الصادر منذ قرابة الستين عاما ، وقد أفلح مؤلفه العالم الفيزيائي د.و.بسيرى في سد فراغ كبير كانت تعانيه المكتبة العلمية حينها وقد ترجمه إلى اللغة العربية الكاتب المتخصص في الثقافة العلمية عزيز ميلاد فريصة ، ليفيد القارىء العربي من محتواه في هذا الموضوع ، أما البداية فكانت بفصل عن أشكال السحب وتصنيفها فالسحب التي نراها في السماء تختلف في أشكالها بحيث يمكن تقسيمها إلى مجموعات محددة ، فهي إما على صورة ركام ، أو طبقة ، أو مزيج منهما.

ويمكن تقسيم السحب بصفة عامة إلى أربعة أنواع :السحب العالية، والسحب المتوسطة، والسحب الواطئة و السحب ذات النمو الرأسي. و يعني بارتفاعات السحب ارتفاعاتها فوق المستوى العام الأرض المجأورة لها.

ويستعرض الكتاب تاريخ محاولات وصف السحب وتصنيفها في مجموعات، ويذكر تصنيفات للسحب من حيث ارتفاعها أو طريقة نموها، قبل أن يذكر أنواع خاصة من السحب، وهناك أنواع عديدة من السحب ذات الأشكال الخاصة التي تلفت النظر، وتقدم لنا ما يدل على الظروف الجوية السائدة والتحركات القائمة في داخلها ، فالأنواع القلعية اكتسبت أسماءها من منظرها الذي يميزها عن غيرها من السحب، والذي يشبه الأجزاء العليا من أبراج القلاع يدل ظهورها على وجود تيارات هوائية صاعدة ، تزيد ارتفاعاتها على مقاطعها المستعرضة كما تدل على عدم استقرار الهواء في المستويات التي

تنشأ فيها. وتظهر هذه السحب عند مستوى السحب المتوسطة ، حيث تتخذ أشكال الركامات المتوسطة القلمية. أما إذا نشأت عند مستوى السحب الواطئة أخذت شكل الركام الطبقي القلعي.

أما السحب، الثديية فلا تنشأ إلا إذا بلغ عدم استقرار الهواء درجة كبيرة، لها مظهر يميزها عن غيرها من السحب ، إذ تتدلى من قواعدها حلقات أو جيوب تبدو كما لو كانت على وشك الانفصال عنها ، وتظهر على الجوانب السفلية لسندانات بعض السحب المزن الركامة. وتعرف السحب في هذه الحالة باسم المزن الركامى السندانى الثدي ، أما إذا اتخذ السحاب شكلا طبقيا عرف باسم الركام الطبقي الثديي.

والسحب العدسية ذات أشكال مميزة ، رقيقة الحواف. إذا نظر إليها بالقرب من الأفق بدت شبيهة بالعدسات. أما إذا نظر إليها من أسفل بدت كالأطباق. تكون في بعض الأحيان كبيرة و كثيفة. ومن هذا النوع السحاب المعروف باسم أميرة الريح و توصف هذه السحب أحيانا بأنها شيمة بالمنزل، وأحيانا أخرى بأنها شبيهة بعظام سمك السيبيا (ام الحبر).

وعن علاقة السحب بالطيران يذكر الكتاب أن خطط الطيران توضع على أساس تعافي الدخول في السحاب ، الأمر الذي يعتبر مخاطرة كبرى بسبب زيادة خطر التصادم وصعوبة الملاحة. ويستطيع الراصد أن يستدل من أشكال السحب الموجودة على ما ينتظر أن يؤول إليه الطقس في المستقبل القريب. كما أن على قائد الطائرة أن يقارن بين أرصاده عن السحب و بين المعلومات التي يقدمها له بيان التنبو الخاص بالطيران ، إذ أنه بهذا يستطيع أن يختبر دقة التنبؤ اليجري عليه ما يراه من تعديل على ضوء أرصاده المباشرة.

كما أنه قد يحدث في بعض الأحيان أن لا تتهيأ الفرصة للطيار للحصول على نشرة التنبؤ. ولكنه يستطيع بمهارته أن يعمل بنفسه ، بعد دراسة دقيقة الأشكال السحب ، أن يكون فكرة عن جميع عمليات الطقس الجارية ، أو التي ينتظر أن تجرى على خط طيرانه أو بالقرب منه. أو تدل الأشكال التي تتخذها السحب على درجة الاضطراب القائم في الجو. فالسحب الركامة تدل عادة على هواء مضطرب ، بينما تدل السحب الطبقية على هواء هادئ. أما السحب التي تظهر عليها ميزات النوعين معا ، كما هو الحال في الركام الطبية أو الركام المتوسط ، فتدل على درجات طفيفة من الاضطراب الجوي. فإذا حاول الطيار دخول السحاب ، أو اختراقه ، ساعدته درجة الاضطراب القائم في السحاب على الاستدلال على نوع الهطول المنتظر إذا نشأ. فإذا زادت درجة الاضطراب في سحاب كان المتوقع أن تكون القطرات من الحجم الكبير.

د. صفوت عبد العزيز

١- أشكال السحب وتصنيفها

إذا نظرت إلى السحاب نظرة عرضية. بدا لك أنه كتلة أو مجموعة من الكتل، من مادة منظورة تطفو في الهواء الذي يعلو سطح الأرض. إلا أن السحاب يتألف في الواقع من تجمع عدد كبير من وعناصر، دقيقة هي في ذاتها قطيرات من الماء، أو بللورات من الثلج، أو مزيج منهما. وتحمل السحب في العادة تيارات رأسية في الجو، تهبط خلالها تلك العناصر الدقيقة، ولو أن السحب نفسها تبدو طافية.

وتتخذ السحب عددا من الأشكال يصعب حصره، إلا أنه من الأنسب أن نتفق على طريقة لتصنيفها. وقد كان أول من طرق هذا السبيل عالم الحياة الفرنسي "لامارك"، الذي قام في عام ١٨٠٢ بنشر قائمة بأنواع السحب، أشار فيها إلى أنه هدف بعمله هذا إلى تقديم وصف لكل من الأشكال الرئيسية للسحب، دون التعرض لتركيبها الدقيق. وقد تضمنت قائمته خمسة أنواع رئيسية من السحب، قسم كل منها إلى بضعة أقسام، استخدم لها أسماء بالفرنسية. إلا أن القائمة كانت خلوا من الأشكال التوضيحية، فلم تحظ القائمة باهتمام يذكر.

ثم قام د. لوك هاوارد، في هام ١٨٠٣ بنشر قائمة لأنواع السحب[١] جاءت فيها الأسماء باللاتينية، كما شملت القائمة رسوما توضيحية، وقد أصبحت أنواع السحب الأساسية الواردة في قائمة «هاوارد، أساسا لتصنيف السحب فيما بعد. وقد كان هناك تشابه ملحوظ بين تصنيف هواردو بين أربعة

---

(١) تحت عنوان **On the Modification of Clouds**.

من الأنواع الخمسة الواردة في قائمة لامارك، حتى كانت سنة ١٨٤٠.

عندما أضاف كيمس إلى القائمة نوعا آخر سماه "الركام الطبقي".

وقد بذلك عدة محاولات ملحوظة في هذا السبيل في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، منها محأولة، رينو، في عام ١٨٠٠ لتقسيم السحب إلى بمجموعتين أساسيتين، بمجموعة السحب المجزأة، ومجموعة والسحب المساحة أو والحاجبة، كما أضاف اسم والسحب المتوسطة، بين العالية والواطئة. وقد أدخل على قائمة هوارد أسسا جديدة للتمييز بين أنواع السحب، أهمها أساس الارتفاع الذي كان يحبذه و هيلد براندسون، إذ كان يظن أنه في الإمكان استخدام هذا الأساس في تعيين الرياح على مختلف الارتفاعات كما وضع و بوى، أساسا للتمييز بين السحب الثلجية والسحب المائية. أما ويلباخ، فقد أضاف نوعا جديدة إلى القائمة سماه والمزن الركامى.

كما ساهم كل من الكاهن "كليمانت لي"، والأونورابل در الف آركرو مي بقسط وافر في هذا المضمار. وقد كان اهتمام الثاني منهما في التشابه بين أنواع السحب في جميع أرجاء العالم. مما حدا به أن يقوم برحلتين حول الكرة الأرضية، حتى أقنع نفسه بوجود هذا التشابه. أما إلى فكان اهتمامه ينحصر في أشكال السحب القلعية التي أطلق عليها اسم و الطبقي البرجي،، والتي كان يتحدث عنها فيقول : أهوى هذا النوع من السحب.

وفي عام ١٨٩١ وصل المؤتمر الدولي، الذي عقد في ميونخ، إلى اتفاق حول تقسيم السحب، أدى إلى نشر أول، مصور دولي للسحب وكان ذلك عام ١٩٩٦. وكان أكثر المتيورولوجيين نشاطا في هذا المضمار هم « هيلد براندسون،، و (تيسيرين دي بور،، و در بجنباخ. وقد ظهرت عدة طبعات من هذا الأطلس الدولي كانت آخرها عام ١٩١٠.

كما تألفت في عام ١٩٢٢ لجنة دولية لدراسة السحب، برئاسة الجنرال ودلكامبر، مدير الإدارة المتيورولوجية الفرنسية، وكلت إليها مهمة تحضير مصور جديد للسحب. فنشرت في عام ١٩٣٠ طبعة مختصرة للأطلس، أعيد طبعها كاملة في عام ١٩٣٢ بالإنجليزية و الفرنسية والألمانية والأسبانية فلما اجتمعت اللجنة المتيورولوجية الدولية في عام ١٩٣٣، بعد نشر هذا المصور، وكان ذلك في ودي بلت،، اتفق على حذف اسم المزن، من القائمة، وعلى أنه من الجائز استخدام اسم المزن الشقق، للسحاب الممزق الواطيء الذي يصحب الطقس الردية، ولو أن اللجنة أوصت في نفس الوقت باستخدام الاسمين و الطبق المشقوق، والركامى المشقق،.

على أن السحب التي نراها في السماء تختلف في أشكالها بحيث يمكن تقسيمها إلى مجموعات محددة، فهي إما على صورة وركام، أو طبقة، أو خلط منهما. وقد أطلق اسم والسحب الحاجبة، على بعض السحب المسطحة، والهاطلة منها بصفة خاصة. وفي الإمكان تقسيم السحب بصفة عامة إلى أربعة أنواع : السحب العالية، والسحب المتوسطة، والسحب الواطئة و السحب ذات النمو الرأسي. ونعني بارتفاعات السحب الواردة في هذا الكتاب ارتفاعاتها فوق المستوى العام الأرض المجأورة لها.

السحب العالية

وتنشأ السحب المالية عادة على ارتفاعات تترأوح بين ٢٠٠٠٠، ٤٠٠٠٠ قدم فوق سطح الأرض، ولو أنها قد تكون، عند خطوط العرض العليا، على ارتفاعات تقل عن ذلك بكثير. وأنواعها :

"السمحاق"، وهو عبارة عن سحب رقيقة منفصلة، بينها و بين الألياف شبه كبير كثيرا ما تكون بيضاء تشبه الحرير، ولا تلقي في العادة أي ظل على

الأرض. وتختلف في مظهرها اختلافا كبيرا، فتتخذ أحيانا شكل الحمل أو الخطوط، أو الريش. أما الخطوط فتظهر للراصد كالو كانت متجمعة في نقطة على الأفق.

وتتخذ السحب السمحاقية عادة أشكالا تخلو من الظل، إلا في حالة السحب الكثيفة منها التي تنتج من انفصال أعالي السحب المزن الركامة. كما أنها، بسبب قلة كثافتها، ورقتها، لا تستطيع أن تضيع معالم الشمس أو القمر، فقد تصل رقتها حدة لا تؤثر به حتى في مظهر السماء تأثيرا يذكر. أما ألوانها فقد تختلف أحيانا عن البياض الصافي، فقد تظهر أحيانا باللون الأصفر أو الأحمر، وأحيانا أخرى باللون الرمادي المعتم، وذلك في الأوقات التي يقل فيها ارتفاع الشمس على الأفق.

وقد تظهر في السماء الزرقاء خصل منعزلة من الثلج تشبه السمحاق إلى حد كبير. إلا أن الفحص الدقيق يبين لنا نقصا في نقاوة بياضها، كما يكشف لنا عن انعدام الشبه بينها و بين نسيج الحرير الذي يبدو على السمحاق.

ويجب أن يسهل التمييز بين خطوط المطر الرقيقة و السيدات بفضل لونها الرمادي. كما أن خطوط المطر تعرض لنا في بعض الأحيان أقواس قزح، أو أجزاء منها. وهي ظاهرة لا يمكن أن تصحب السمحاق بحال من الأحوال.

أو "السمحاق الخيطى"، ويتركب من خيوط، قد تكون منحنية أو أقرب إلى الاستقامة، فلا ينتمي إلى هذا النوع كل من الخصل أو النقط الصغيرة، كما لا تندمج أجزاء هذا النوع بعضها بعض. و"السمحاق الحطابي"، وهو في شكل علامة الفصل (،)، أجزاؤه العليا إما مدببة وإما منتهية ما يشبه الخصل.

"السمحاق الكثيف" الذي يبلغ من الكثافة حدا قد يؤدي إلى اعتباره

سحابا متوسطا أو واطنا، وقد يلقي على الأرض ظلا. وينشأ من انفصال الجزء العلوي المعروف بالسندان من المزن الركامى.

"السمحاق المنفصل"، و ينشأ أيضًا من المزن الركامى، وهو لذلك عظم الشبه بالسمحاق الكثيف إلا أنه عبارة عن سندان المزن الركامى عقب انفصاله بفترة وجيزة قد يحتفظ السحاب خلالها منظره الأصلي. ولعل أصلح اسم للسمحاق الذي ينشأ من أعالي المزن الركامى هو السمحاق الرعدي،، إلا أن اسم السمحاق و الزائف، يطلق أحيانا على هذا النوع من السحاب، كما يطلق أيضًا على الرأس البلورى للمزن الركامى، قبل أن ينفصل عنه. وقد كان من سوء الحظ أن أطلق هذا الاسم، إذ أن الرأس البلورى جزء من المزن الركامى، وحتى إذا انفصل عنه أصبح سمحاقا حقيقيا.

أما "السمحاق الطبق"، فهو حجاب من السحاب يميل إلى البياض، يبلغ من الرقة بحيث لا يستطيع أن يضيع معالم الشمس و القمر. يتسبب عادة في ظهور الحالات. يبدو أحيانا في شكل الألياف. قد تصل درجة خفته حدة تتخذ فيه السماء لونا لبنيا. كثيرا ما يشاهد تكون شبح الشمس في السمحاق الطبقي، كما يشاهد شبح القمر في بعض الأحيان.

"السمحاق الركامى"، ويتركب من قشور رقيقة، أو من عناصر كرية صغيرة مرتبة بطرق مختلفة في شكل مجموعات أو خطوط، أو في شكل أمواج تشبه أمواج الرمال على شاطئ البحر. لا تلقي في الغالب ظلا على الأرض. يغلب على الظن أنه مرحلة متأخرة من مراحل تطور السمحاق أو السمحان الطبي، اللذين يتطوران أحيانا إلى هذا النوع من السحاب، ولو أن هذا الظن يخطئ في بعض الأحيان، إذ أن السمحاق الركامى يشاهد أحيانا في أوقات لا يمكن فيها رؤية أي سحاق أو سمحاق طبقي، وقد يكون هناك سمحاق أو سمحاق طبقي،

ولكن بدرجة من الرقة لا يمكن معها مشاهدته من الأرض. وعلى أية حال فالسمحاق الركامى ليس من الأنواع المألوفة من السحب.

وتظهر الأكاليل والتلونات الطيفية أحيانا في السمحاق الركامى، ولو أنها تعتبر في العادة من ميزات الركام المتوسط.

السحب المتوسطة

وتنشأ السحب المتوسطة عادة في مناطق خطوط العرض المتوسطة، على ارتفاعات تتراوح بين ٩٠٠٠، ٢٠٠٠٠ قدم، بحيث يظهر في الجزء السفلي من هذا المدى في أوقات البرودة، بينما تظهر في الجزء الأعلى من هذا المدى في أوقات الدفء، وأنواعها:

"الركام المتوسط" ويتكون من دقائق، أو من حبات مفلطحة، قد تبلغ حد كبيرة من الصغر والرقة. وكثيرا ما يكون مظللا، تتجمع أجزاؤه عادة على هيئة مجموعات أو خطوط أو أمواج تتلاقى حوانا في بعض الأحيان. ويتخذ السحاب الركامي المتوسط عددا كبيرا من الأشكال المختلفة، تنشأ على عدد من الارتفاعات في وقت واحد. يغلب مشاهدة التلون الطبقي في دافته الرقيقة، الأمر الذي يعد من مميزات هذا النوع من السحاب ولو أنها تظهر أيضًا في السمحاق الركامى. فهي إذن ليست قاصرة على الزكام المتوسط.

أما الإكليل فهو من الظواهر المألوفة في الركام المتوسط، إلى حد أن ظهورها يتخذ أحيانا دليلا على أن السحاب من نوع الركام المتوسط و ليس

من الركام الطبقي أو السمحاق الركامى إلا أنه لا يمكن التسلم بهذا المبدأ إذ أن الأكاليل ليست من الظواهر النادرة في الركام الطبقي، كما أنها تظهر أحيانا في السمحاق الكامي

على أن هناك عددا كبيرا من الحالات التي لا يمكن التميز فيها بين الركام المتوسط والأنواع المالية من الركام الطبقي من ناحية، وبين الركام المتوسط والأنواع الواطئة من السمحاق الركامى من ناحية أخرى. أولًا تسقط من الركام المتوسط في العادة كميات محسوسة من المطول، إذ يندر أن يصل هطوله إلى الأرض بسبب تبخره في أثناء هبوطه في الجو. وقد يحدث أن ينضم ركام متوسط مع سحاب طبقي متوسط ليكونا جزء من سحاب هطال. وكثيرا ما يحدث هذا الانضمام بين السحابين عندما يكون هناك هواء دافئ يزحف فوق هواء بارد.

"الركام المتوسط شبه الشفاف"، ويتألف من رقع رقيقة وفتحات تتخلل أجزاءه، فتسمح بمرور قدر كبير من ضوء الشمس أو القمر.

"الركام المتوسط المعتم" سحاب سميك كثيف، ينشأ في الغالب مصحوبا بسحاب من النوع الطبقي المتوسط.

"الركام المتوسط الركامى"، ويتكون من السحب الركامة باتساع قمها و تعلل قواعدها، ويحدث هذا التحول عادة عند المساء.

"والركام المتوسط الخصلي الصوفي" ويتألف من عدد كبير من عناصر صغيرة ذات نمو رأسي محسوس، يشاهد كثيرة في السماء.

"الطبقي المتوسط" وهو على شكل حجاب من السحاب الرمادي أو المائل إلى الزرقة، يبدو على شكل خطوط أو ألياف، لا تختلف أنواعه الرقيقة كثيرة عن الأنواع السميكة من السمحاق الطبقي.

لا تظهر الشمس أو القمر من خلاله بوضوح كاف، كما لو كان ينظر إليها من خلال الزجاج المصنفر، في حين أن الأنواع السميكة منه تخفي الشمس والقمر تماما، ولو أنه يجوز آن تشاهد بعض رقع خفيفة بين أجزائه المعتمة. أما

الأجزاء التي تبدو على هيئة خطوط أو ألياف فتظهر في بعض مناطقه، وخاصة بالقرب من الشمس أو القمر. لا تظهر على قاعدته نتوءات بالرغم ما يبدو عليه من عدم انتظام بسبب الهدب الهابطة.

"الطبقي المتوسط شبه الشفاف" وهو نوع من الطبقي المتوسط، يظهر في بادئ الأمر عند ما يتكاثف السمحاق الطبقي، وهو عبارة عن سحاب رمادي من النوع الخفيف الذي تظهر من خلاله الشمس و القمر كما يظهران من خلال الزجاج المصنفر.

"الطبقي المتوسط المعتم"، وهو عبارة عن طبقة معتمة يختلف سمكها من مكان إلى مكان. يتخذ شكل الألياف في بعض مواضعه. يحجب الشمس أو القمر حجبة تامة في المناطق السميكة منها على الأقل.

"الطبقي المتوسط المطال" وهو طبقة من الطبقي المتوسط العتم بطل منها المطر أو الثلج. ويكون المطر عادة رذاذ، أما الثلج فيهطل بدرجة متوسطة. ويبدأ المطر بقطرات الماء الهابطة التي لا تلبث أن تتبخر قبل أن تصل إلى الأرض. و يكفي منظر البلل الذي تضفيه هذه القطرات على قاعدة السحاب لتمييز نوعه.

السحب الواطئة

أما مدى الارتفاعات التي تتكون عندها السحب الواطئة فيبدأ بالقرب من الأرض ويمتد حتى ٦٠٠٠ قدم وأنواعها :

"الركام الطبقي" ويتركب من طبقات متسمة أو كتل كرية أو أسطوانية– يبدو في العادة لينة رمادي اللون، بل ومعتما في بعض أجزائه. وتتخذ عناصره عدة أشكال في ترتيبها، إما على هيئة خطوط وإما على هيئة أمواج، تتقارب

عناصرها الوجية إلى حد أن تتلاق حافاتها لتصبح طبقة متصلة. وتمتاز طبقات هذا النوع من السحاب بمظهرها الموجي الذي تظهر عليه في بعض الأحيان طيات عجيبة. على أن هناك أشكالا انتقالية بين الطبقي الركامى و الركام المتوسط، ثم بين الطبقي الركامى والطبقي يصعب فيها وضع الحدود التي تميز نوعا عن نوع آخر.

وكثيرا ما تشاهد الليل في الركام الطبق. وهناك من يقول إن الأكاليل لا تظهر إلا في الأنواع العالية من الركام الطبقي، ولكن يبدو أن المشاهدة لا تؤيد هذا الرأي، على أن مشاهدة الإكليل تكون عادة أسهل في ضوء القمر لضعف الإضاءة العامة في هذه الظروف وقد يؤدي عدم انتظام الحجم في قطرات الماء التي يتكون منها الركام الطبق إلى ظهور ما يعرف بالأكايل الناقص بدلا من الأكليل، في حين أن التلون الطيف المألوف ظهوره في الركام المتوسط بندر ظهوره في الركام الطبق.

وينشأ الركام الطبقي في الغالب تحت السحاب المتوسط الذي يصحبه الهواء الدافئ الزاحف على هواء بارد، سواء قبل الهطول أو في أثنائه، وتهطل من الركام الطبقي كميات طفيفة من المطر أو الثلج، ولو أن هذا النوع من السحاب لا يعتبر ضمن السحب الهطالة، أمارخات الهطول الغزيرة التي تسقط من سماء يبدو أنها مليئة بالركام الطبقي فتعزي في الأصل إلى سحب ركامة منتفخة أو مزن ركامة يحجبها الركام الطبقي. وقد تقع قواعد هذه السحب ذات النمو الرأسي تحت مستوى الركام الطبقي، وتمتد في نموها وتكاثفها إلى أعلى مخترقة هذا السحاب الطبقي. أو قد تقع قواعدها في نفس مستوى الركام الطبقي. أما الدليل على وجود الركام المنتفخ أو المزن الركامى في هذه الحالة فهو هطول الرخات، أو حدوث الرعد أو البرق. ذلك بالنسبة لراصد على

الأرض، أما إذا كان الراصد محلقا فوق السحاب الطبقي فإنه يستطيع مشاهدة تطور السحب ذات النمو الرأسي و هي تبرز أعلى السطح العلوي للسحاب الطبقي.

"الركام الطبقي شبه الشفاف" وهو عبارة عن طبقة من السحاب قليلة السمك، تتخللها فتحات بين أجزائها، تشاهد من خلالها السماء الزرقاء. أما إذا تعذرت رؤية السماء فإن أجزاءه الرقيقة تبدو أشد إضاءة من باقي السحاب.

أو الركام الطبقي المعتم، وهو طبقة سميكة على هيئة سطح متصل من السحب، تشمل كتلات مستديرة أو أسطوانية تتصف بالإعتام. وتبرز. هذه الكتل الأسطوانية من السطح الأسفل للسحاب الطبقي. وهذا النوع من السحاب مألوف في الشتاء في مناطق خطوط العرض المتوسطة.

"الركام الطبقي المساني" وهو سحاب مستطيل يظهر عادة عند الغروب، إذ أنه المرحلة الأخيرة في التطور اليومي للركام، ويتكون هذا النوع من السحاب عندما تنحل أعالي السحب الركامة وتتسع قواعدها. وقد يحدث هذا التحول في أوائل النهار إذا لم تكن تيارات الحمل الهوائية قوية جدا. ويبدو في هذه الحالة أن لفظ و مساني، لا يصلح لإطلاق، على هذا النوع من السحاب.

"الركام الطبقي الركامى" وهو عبارة عن طبقة منتظمة إلى حد ما، ذات سمك متوسط. ينتج من اتساع أعالي السحب الركامة. فإذا حدث أن اتسعت قواعدها أيضًا كما يحدث في الركام الطبقي المسائي، وكان هذا في أوائل النهار، كان الأنسب أن يطلق عليه اسم "ركامى الأصل".

"الركام الطبقي الموجي" وهو طبقة منتظمة من السحاب تميز بالتركيب

الأسطواني، وكان يعرف فيما مضى باسم الركام الأسطواني في كل من إنجلترا وألمانيا. ومن السهل أن يخطئ الراصد لهذا النوع من السحاب بسبب خداع النظر بالخلط بينه وبين السحب الركامة المسطحة والمرتبة على شكل الخطوط، والتي تتحول إلى ركام طبقي موجي إذا تلاصقت خطوطها.

و الطبقي، وهو عبارة عن طبقة منتظمة واطنة تشبه في تركيبها الضباب، يسهل اللبس بينها وبين الركام الطبقي من ناحية، وبينها وبين المزن من ناحية أخرى. سطحه الأسفل ينقصه التحديد، ما يجعل من الصعب تقدر ارتفاعه – كثيرا ما يشاهد محيطا بقمم التلال. وهو رمادي اللون، يصحبه عادة تكون طبقة من الضباب أو العجاج بين قاعدته والأرض حيت يصعب تعيين الحد الفاصل بين السحاب والضباب، سواء كان الراصد على سطح الأرض أو في الهواء. تتدلى من قاعدته بعض النتوءات، ولو أنه يخلو في مظهره من العناصر المستديرة أو الأسطوانية التي تظهر في الركام الطبقي. ويتكون الطبقي في بعض الأحيان نتيجة الاتصال أجزاء السحاب الطبقي المشقق، مكونة طبقة متصلة من السحاب. وقد تظهر في قاعدة الطبقي أحيانا رقع تختلف في درجة إعتامها، ولو أنها لا تتخذ أشكالا منتظمة.

ويضفي السحاب الطبقي على السماء في كثير من الأحيان منظرًا غامضة. ولا يمكن أن يقع التباس بينه و بين المزن الطبق إذا كان الهطول ساقطا من السحاب فعلا، إذ أن الطبقي لا يعطي سوى الرذاذ أو القليل من الثلج.

أما إذا كان السحاب الذي نحن بصدده يعطي مطر خفيفة أو ثلجا بكميات محسوسة لزم أن يسمى مزنا طبقيا.

وكثيرا ما يتحول الركام الطبقي إلى طبقي، كما يتحول الطبقي إلى ركام طبقي. إلا أن الركام الطبقي يكون في الغالب أعلى من الطبقي. فإذا انخفض

ركام طبقي، وبدت عناصره غاية في الكبر واللين، بحيث تختفي

الكتل الكرية ذات الترتيب المنتظر، كان معنى ذلك أن السحاب قد تحول افعلا إلى طبقي. أما إذا أخذ التركيب المنظر يظهر على قاعدة السحاب الطبقي، مع ارتفاع حقيقي، كان معنى هذا تحوله إلى ركام طبقي.

"الطبقي المشقق" وهو سحاب ممزق غير منتظم،، يبدو تقريبا في مستوى واحد، مجزأ إلى قطع غير منتظمة. يقال عنه في الغالب إنه "يجري"، إذ أنه يبدو يسبب انخفاض قاعدته أنه يتحرك بسرعة تزيد على سرعته الحقيقية.

"الركام المشقق" وهو أيضًا سحاب ممزق يشبه إلى حد ما السحاب الطبقي المشقق، ولكن يختلف عنه كثيرا من حيث مصدره وطبيعته. يتخذ أشكالا بعيدة كل البعد عن صفة الانتظام. ويتحول عادة إلى ركام، يميل إذا اشتدت الريح إلى الاستطالة بشكل خاص بحيث يتعامد تقريبًا مع الريح. يكون في بعض الأحيان المرحلة الأخيرة في تطور الركام. ولو أن هذا النوع من السحاب كثيرا ما يتضاءل بطريقة منظمة، محتفظا مظهره الذي يميزه إلى أن يختفي تمامًا.

"المزن الطبقي" سحاب هفتم رمادي في العادة. إلا أنه بالرغم من إعتامه هذا يتخذ مظهرًا غريبا، إذ يبدو كما لو كان مضاء في داخله. منتظر لا شكل له في المادة، ولو أن قاعدته تبدو أحيانا في منظر مزق. كثيرا ما يهطل منه المطر أو الثلج بدرجة تختلف في شدتها بين الخفيف والغزير.

ويعتبر المزن الطبق أحيانا ضمن السحب ذات النمو الرأسي، على أنه يبدو أن هناك ما يبرر هذا الاعتبار بسبب سمكه العظيم وما يظهر فيه أحيانا من اضطراب شديد.

وتتخذ ظاهرة الهطول من السحاب، في بعض الأحيان، دليلا على أنه مزن طبقي، ولو أن هذه القاعدة لا تخلو تماما من الخطأ، إذ أن تعريف هذا النوع من السحاب يتضمن احتمال وجود مزن طبقي دون أن يكون هناك هطول. فقد يعجز المزن الطبقي عن أن ينتج مطرا أو ثلجا يستطيع الوصول إلى الأرض، إذ أن المطر أو الثلج قد يسقط من السحاب، ثم يتبخر في الهواء قبل أن يصل إلى الأرض، مما يضفي على قاعدة السحاب صفة الميوعة وعدم التحديد، فيصعب تعيين الحد الأدنى للسحاب تعبينا دقيقا إن لم يكن ذلك من المحال.

"المزن الشقق" وهي تسمية اعتمدتها اللجنة الدولية في عام ١٩٣٣ لتدل على السحب الممزقة الواطئة التي تصحب الطقس الردى وللتسمية بعض المبررات التي تؤيدها، أهمها ما يصحب هذا السحاب من مطر. إلا أن هذا النوع من السحاب لا ينتج المطر، ولكن المطر هو الذي ينتجه، مما يجعل من الأنسب تسمية هـ ذا النوع من السحاب باسم الطبقي المشقق.

السحب ذات النمو الرأسي

يلزم أن توضح السحب ذات النمو الرأسي في مجموعة مستقلة، إذ أنه لا يمكن إلحاقها بواحدة من المجموعات التي بوبت تبعا لارتفاعاتها. فهي تمتد عادة فيما بين جميع الارتفاعات التي حددت بها المجموعات الأخرى. وقواعدها تقع بين ٥٠٠ قدم١٠٠٠٠٢ قدم أو أكثر، بينما تصل قممها إلى ارتفاعات تتراوح بين٢١٠٠٠ قدم أو أكثر. وأنواعها :

"الركام" هو سحاب سميك بصفة عامة، ينمو في الاتجاه الرأسي، يمتاز بقاعدته المستوية بينما تتخذ قمته شكل القبة.

"الركام الضحل"، ويعرف عادة بركام الطقس اللطيف، وهو عبارة عن

سحاب ذي قاعدة مستوية وقبة مستديرة، متوسط السمك، معتم نوعا في أجزائه الوسطى، في حين أن حوافه أرق بكثير بحيث تعكس قدرا كبيرا من ضوء الشمس.

"الركام المنتفخ"، وهو عبارة عن سحاب كثيف منتفخ، نشأ نتيجة للنمو المتواصل للركام الضحل، ينمو في الاتجاه الرأسي، ويبدو عليه الاضطراب. تتخذ قمته شكل الأبراج. إلا أنه يلزم أن تنمو هذه الأبراج في حد ذاتها، بل على العكس قد تتطور القمة إلى كتلة ضخمة من السحاب. أجزاؤه العليا واضحة الحدود، يبدو عليها مظهر الصلابة – إذا انعكس ضوء الشمس من رؤوسها سببت للناظر إليها شيئا من (الزغللة). قد تسقط منها رخات من المطر إذا بلغت في نموها الرأسي حدًا يعلو عن مستوى التجمد بقدر كاف، المزن الركامى، وهو سحاب كشف بلغ شأوا كبيرا من النمو، تتراكم قته على هيئة كتل جبلية. أطرافه العليا شبيهة بالألياف، تتسع لتأخذ شكل السودان. هو أكثف السحب جميعها، وأكثرها نشاطا. يتكون باستمرار نمو الركام المنتفخ في الاتجاه الرأسي. لا ينشأ إلا في الهواء الرطب إذا فقد توازنه. تتساقط منه رخات تتراوح بين المعتدلة والغزيرة. وتصحبه عواصف البرق والرعد. وهو السحاب الوحيد الذي يسقط منه البرد، والحد الفاصل بين الركام المنتفخ والمزن الركامى هو ما يعرف من المزن الركامى من أنه لا يمكن أن ينشأ إلا إذا بلغ امتداده الرأسي مستوى يعلو عن مستوى التجمد بقدر يكفي لأن تحوى قمة السحاب كميات هائلة من بللورات الثلج. بل لا يجوز أن يطلق على سحاب اسم و المزن الركام، إلا إذا كانت قته كلها أو بعضها من بللورات الثلج.

"المزن الركامى السندانى" سحاب له رأس كبير يشبه السندان، ويتألف من بللورات الثلج. هو أكثر أنواع السحب شيوعا، وأسهلها تمييزة. إذا

انفصلت عنه قمته السندانية بعد أن يتقادم به العهد، تكون منها سحاب رعدي.

"المزن الركامى القلنسوى"، سحاب له قمة من بللورات الثلج أشبه القلنسوة أكثر مما تشبه السندان. يكون في بعض الأحيان مرحلة الانتقال بين الركام المنتفخ والمزن الركامى السنداني.

"المزن الركامى القوسى" سحاب يبدو على قاعدته التمزق، وعلى مظهره الاضطراب، إذا نظر إليه من أسفل بدا مقوسا معتما ممزقا.

"المزن الركامى الثدي" سحاب يتميز بمظهره الثدي الملفت للنظر، والذي يبدو على قاعدته أو على الجانب السفلي من سندانه، أو عليهما معا، إذ يتدلى من قاعدته ما يشبه الأكياس. ولما كان لهذا النوع من السحاب قمة سودانية الشكل فإنه يعرف أحيانا بالمزن الركامى السندان الثدي،.

"المزن الركامى الأصلع". أصعب أنواع المزن الركامى تمييزا، إذ ليس له سندان، ولا يظهر فيه في بادئ الأمر أجزاء سحاقية الشكل. ينقص قممها وضوح الحدود، فتصبح أقرب إلى الليونة منها إلى الصلابة. ويتعرف على هذا النوع من السحاب المزن الركامى بالهطول الذي يتساقط منه.

أنواع خاصة من السحب

وهناك أنواع عديدة من السحب ذات الأشكال الخاصة التي تلفت النظر، و تقدم لنا ما يدل على الظروف الجوية السائدة والتحركات القائمة في داخلها.

فالأنواع القلعية من السحب اكتسبت أسماءها من منظرها الذي يميزها عن غيرها من السحب، و الذي يشبه الأجزاء العليا من أبراج القلاع. يدل ظهورها

على وجود تيارات هوائية صاعدة، تزيد ارتفاعاتها على مقاطعها المستعرضة كما تدل على عدم استقرار الهواء في المستويات التي تنشأ فيها. وتظهر هذه السحب في أغلب الحالات عند مستوى السحب المتوسطة، حيث تتخذ أشكال الركامات المتوسطة القلمية. أما إذا نشأت عند مستوى السحب الواطئة أخذت شكل الركام الطبقي القلعى.

أما السحب، "الثديية" فلا تنشأ إلا إذا بلغ عدم استقرار الهواء درجة كبيرة، لها مظهر يميزها عن غيرها من السحب، إذ تتدلى من قواعدها حلقات أو جيوب تبدو كما لو كانت على وشك الانفصال عنها، وتظهر على نحو ما سبق ذكره على الجوانب السفلية لسندانات بعض السحب المزن الركامة. وتعرف السحب في هذه الحالة باسم المزن الركامى السندانى الثدي، أما إذا اتخذ السحاب شكلاطبقيا عرف باسم "الركام الطبقي الثدي".

والسحب "العدسية" ذات أشكال مميزة، رقيقة الحواف. إذا نظر إليها بالقرب من الأفق بدت شبيهة بالعدسات. أما إذا نظر إليها من أسفل بدت كالأطباق. تكون في بعض الأحيان كبيرة وكثيفة. ومن هذا النوع السحاب المعروف "باسم أميرة الريح" وتوصف هذه السحب أحيانا بأنها شيمة بالمنزل، وأحيانا أخرى بأنها شبيهة بعظام سمك السيبيا (ام الحبر) وربما كانت هي السحب التي ورد ذكرها في رواية هملت على أنها تشبه الحوت إلى حد كبير.

وتنشأ السحب العدسية على مختلف الارتفاعات، من المستويات القريبة من سطح الأرض إلى المستويات العالية. تبدو جميعها في لون الصوف الأبيض. مع ظهور التلون الطيف عليها في بعض الأحيان. تتعرض أشكالها التغييرات سريعة بحيث يصعب تميزها بعد بضع دقائق في أغلب الأحيان. ولعل أكثر هذه السحب شيوعا هو النوع المعروف بالركام المتوسط العدسي. ومن الأنواع

الخاصة من هذه السحب النوع المعروف باسم « الموزاجوتل، الذي قد تبلغ كثافته في بعض الأحيان حدا يؤدي بنا إلى اعتبارها خطأ من السحب العاصفية وتنشأ هذه السحب في الرياح التي تهبط خلف الجبال (في رياح الفون).

"السحاب القرصي" سحاب ينتمي إلى فصيلة السحب العدسية. ينشأ " على صورة غطاء أبيض رقيق فوق قمة الركام المنتفخ في مرحلة نموه. وقد يستمر نمو الركام بعد ذلك فيخترق القرصي الذي يبدو عندئذ شبيها بالقلنسوة فوق رأسي الركام، أو يحيط الأجزاء السفلي من أبراجه على هيئة ملفحة فوق أكتافه. ويعتبر، القرصي، أحيانا جزءا من تفصيلات الركام الذي يتكون حوله. ويسمى السحاب في هذه الحالة، بغطاء الركام إلا أنه في الواقع سحاب مستقل من نوع مختلف حتما عن الركام، ويحسن معاملته على هذا الأساس. وكان يعتبر في وقت ما سحابة شاذة من النوع المعروف باسم (الركام المتوسط شبه الشفاف).

"السحب الشريطية" تشبه الأعلام التي ترفرف فوق قمم الجبال، تنتج من اعتراض تلك الجبال التيارات الهواء الذي تنشأ فيه السحب. وتصلح هذه السحب أحيانا للدلالة على مواقع التلال التي لا يمكن رؤيتها بسبب انخفاضها عن مستوى الأفق وتلحظ هذه الظاهرة بوضوح عندما يكون التل على جزيرة في البحر. أما "سحب والتاج" أو "والقلنسوة" فتتكون كذلك بالقرب من التلال وعليها فقد تكون متلامسة معها في بعض الأحيان، أو منفصلة عما في أحيان أخرى. ا و

"السحاب القوسى الشينوكى". وهو سحاب ذو شكل خاص يميزه عن غيره من السحب. يظهر في الجانب الخلق لجبال روكي الأمريكية إذا سادت رباح الشينوك. يظهر على شكل قوسى يمتد في عرض السماء الصافية، ويبدو

من اعلى الجبال مباشرة، ثم يمتد إلى ما وراءها على هيئة طبقة متوسطة السمك من السحاب تمتد عرض الفضاء الصافي. أما الشكل القوسي الذي يتخذه السحاب فهو شكل ظاهري ينتج عن خداع النظر عند رؤية المجسم. أما السحاب الذي يصحبه فهو عبارة عن طبقة من – السحاب الطبقي المتوسط، يبلغ سمكها عدة آلاف من الأقدام، ويتراوح اتساعها بين خمسين وعدة مئات من الأميال.

سحب الاستراتوسفير

تنشأ أنواع معينة نادرة من السحب في الطبقات العالية جدا من الجو، وهي:

"السحب والمضيئة الليلية" التي تنشأ على ارتفاعات تقرب من ٨٠ كيلومترا، بينها وبين السمحاق شبه كبير. تبدو ملونة في بعض الأحيان. تقع عليها بسبب علوها الشاهق، أشعة الشمس بعد هبوطها تحت الأفق بفترة طويلة فتضيئها.

أما السحب "الصدفية" فتنشأ على ارتفاعات تتراوح بين ٢٢، ٣٠ كيلو مترا تشبه في شكلها الركام المتوسط. تبدو في ألوان زاهية. تضيئها الشمس أيضًا بعد هبوطها تحت مستوى الأفق.

تقسيم برجرون

مازالت طريقة التقسيم المعمول بها في الوقت الحاضر ينقصها بعض وسائل التحديد.فالارتفاع ليس الأساس الأمثل للتقسيم، وخاصة بعد أن علمنا أن ارتفاعات النوع الواحد من السحاب تختلف فيما بينها اختلافا بينا. وقد يكون من الأفضل إجراء تقسم على أساس الطبيعة الحقيقية للسحب. وقد اقترح

برجرون في عام ١٩٣٣ تقسما من هذا النوع نورده فيما بعد على سبيل المثال لما يعتبره مؤلف هذا الكتاب طريقة مرغوبة فيها التقسيم السحب.

وقد جاء في أقوال برجرون أنه من الأنسب وضع قائمة لأصناف السحب أساسها. فهم تكوينها وتركيبها، الطبيعيين. والمبتورو لوجين، لا مظهرها الخارجي فقط.

وقد اقترح لذلك نقسمها بناء على الخواص الطبيعية لعناصر السحب وطريقة تكوينها وقد شملت القائمة ستة أنواع تحتوى ثلاثة منها على عناصر جامدة بينما تقتصر الثلاثة الأخرى على عناصر سائلة.

١ – مجرد و بللورات بسيطة سحب مستقرة من الناحية الفردية، الحماية منها تقابل السمحاق الركامى، في حين أن الطبق منها يقابل السمحاق الطبقي السديمى.

٢– ر بللورات بسيطة وهيا كل سداسية. سحب تميل إلى عدم الاستقرار من الناحية الفردية. الحملى منها يقابل السمحاق الخطافي، في حين أن الطبقي منه يقابل السمحاق الطبقي الخطى، أو السمحاق الركامى.

٣– "هياكل سداسية وقطيرات ضبابية" سحب عديمة الاستقرار تماما من الناحية الفردية الحملى منها يقابل المزن الركامى الشتوي و الطبقي منها يقابل الطبقي المتوسط.

٤– مجرد "قطيرات ضبابية" سحب مستقرة من الناحية الفردية. الحملى منها يقابل الركام. والطبقي منها يقابل الطبقي أو الركام الطبقي أو الركام المتوسط.

٥– "قطيرات رذاذية" الحملي منه يقابل الركام، والطبقي يقابل الطبقي أو

الركام الطبقي أو الركام المتوسط.

٦- "قطيرات المطر" الحملي منه يقابل المزن الركامى، والطبقي يقابل المزن الطبقي. ويمكن تقسيم كل من هذه الأنواع حسب تكوينها، فهي تنشأ نتيجة للصعود السريع للهواء المحلى (حملي) أو نتيجة للصعود البطيء على سطح مائل.

٢- مادة السحب

وينظر إلى السحاب عادة على أنه مادة غروية من الماء عالقة في الهواء ولذا يجوز أن نصفه بأنه محلول غروي هوائي. وضع هذا التعريف فيجان وشماوس في عام ١٩٢٩. أما المادة العالقة فهي إما في صورة قطيرات من الماء وإما بللورات من الثلج، وإما مزيج من القطيرات والبللورات معا وكثيرا ما تكون القطيرات المائية في درجات شديدة من تحت التبريد، إذ من الممكن أن تبقى في حالة السيولة في درجات حرارة تحت درجة التجمد بكثير، بل قد تصل في برودتها إلى ٥٠ م تحت الصفر. أو تتركب السحب السمحاقية والسيحاقية الطبقية من بللورات ثلجية، تتخذ في الغالب أشكال الإبر أو المسطحات السداسية. أما السمحاق الركامى فيقدم لنا صورة أخرى أكثر تعقيدا. فهناك ما يدل على أنه يتركب في بعض الأحيان من قطيرات من الماء تحت المبرد، حتى في درجات الحرارة المنخفضة جدا. ومن الدلائل التي تؤيد هذا الاستنتاج ما يشاهد في هذه السحب أحيانا من التلون الطيني والهالات. وقد شاهد المواف بنفسه مثلا طريفا لذلك في مطار أوتاوا بأونتاريو. كان ذلك في الساعة. حسب التوقيت الشرق الاقتصادي لضوء النهار، من يوم ٨ فبراير عام١٩٤٤ . شاهد تلونات بديعة بالقرب من الشمس في محاق ركامى يقع على ارتفاع قدر في حينه بعشرين ألف قدم. وكان اللون الغالب في هذا التلون هو اللون البني الخفيف المائل إلى الحمره أقرب ما يكون إلى لون أوراق الشجر عند الخريف. فما كادت قمة جرف الضغط العالي تمر حتى ظهرت في السماء سحب سحاقية وسحاقية ركامة. ومن المعقول أن تفرض

في هذه الحالة مرور تيار من الهواء القطبي المعدل في طريق عودته إلى موطنه صاعدًا على منحدر قبة الهواء البارد الجديد. فيتمدد الهواء الدافئ (نسبيا) في أثناء صعوده مكونا للسحب المالية.

ويتعرض الماء الذي تحويه السحب المتوسطة الارتفاع إلى تغير في والحالة، يزيد على ما يقابله في السحب المالية، فهذه تقع عادة فوق مستوى التجمد، في حين أن السحب المتوسطة التي تتكون في المناطق المعتدلة تقع بالقرب من مستوى التجمد في أثناء الصيف و فوق مستوى التجمد في أثناء الشتاء. ولذا كانت السحب الركامة المتوسطة والطبقية المتوسطة عبارة عن بللورات ثلجية. وقد وضح هذا تماما من ظهور الهالات وأشباح الشمس في السحب ذات اللون الرمادي، مما يتعارض مع جواز نسبتها إلى السمحاق الطبق. إلا أن أكثر السحب الطبقية المتوسطة والركامة المتوسطة تتركب من قطيرات مائية تحت المبردة، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور التلون الطين في الركام المتوسط –كما أن الأنواع الكثيفة من الركام المتوسط تتركب في أغلب الأحوال من بللورات ثلجية في أجزائها العليا، ومن قطيرات مائية في أجزائها السفلى. هذه الأوصاف تنطبق على السحب التي تتكون في المناطق المعتدلة. أما في المناطق الحارة فتعلو مستويات التجمد، ما ينتج عنه أن تزيد نسبة السحب المتوسطة التي تتركب من قطرات الماء في درجات من الحرارة تزيد على درجة التجمد. إلا أن هذا القول يعترضه إلى حد ما يعرف من أن السحب المتوسطة في المناطق الحارة إلى التكون على ارتفاعات كبيرة

أما السحب الواطئة فتتركب في العادة من قطيرات مائية، في درجات من الحرارة تكون أحيانا فوق نقطة التجمد، وأحيانا أخرى تحت التبريد. إلا أنها إذا تكونت في درجات منخفضة جدا من الحرارة.. كان تركيبها في أغلب الأحيان

من بللورات الثلج. فقد شوهد سحاب من النوع الطبق المشقق، ذي الشكل المألوف، والمظهر العادي المعروف في أثناء الطقس البالغ البرودة، وهو يعرض بعض الظواهر الضوئية التي تنفرد بها بللورات الثلج. وقد شاهد المؤلف بنفسه في سداب طبي شقق كانت قاعدته على ارتفاع ١٥٠٠ قدم.

وتتنوع أشكال الماء الذي تحويه السحب المزن الطبقية فتتخذ صورة عديدة في الفصول الدافئة من السنة، وفي الكتل الهوائية الدافئة التي تهب في الفصول الباردة من السنة، تتركب الأجزاء القريبة من القاعدة في المزن الطبقي من قطيرات كثيرة من الماء فإذا ارتفعنا في السحاب وجدنا في المنطقة التالية قطيرات من الماء تحت المبرد. فإذا استمررنا في الارتفاع وصلنا إلى منطقة ثالثة تتركب من مزيج من قطيرات الماء و بللورات الثلج. فإذا ارتفعنا بعد ذلك، وكان السحاب سميكا سمكا كافيا. وجدنا أن المنطقة الأخيرة لا تحوى إلا بللورات الثلج. على أن الجزء العلوي في المزن الطبقي يلتحم عادة مع الطبقي المتوسط الذي يسبقه. أما في الطقس البارد فتزيد نسبة الثلج في المنطقة القريبة من قاعدة المزن الطبقي إلا أنه لا يمكن تقسيم السحاب إلى مناطق محددة لمختلف العناصر التي يتركب منها السحاب، إذ أن هذه المناطق تتداخل بعضها في بعض تداخلا تدريجيا.

أما السحب الطبقية فتتكون عادة من قطيرات تكون في بعض الأحيان من الماء تحت البرد وقد يحدث أحيانا أن يتركب السحاب الطبقي من بللورات الثلج. إلا أنه من الأفضل أن توضع هذه السحب ضمن قائمة السحب السمحاقية الطبقية، إلا إذا اتخذ فعلا شكل السحاب الطبقي. ويتركب الطبقي المشقق في أغلب الأحيان من قطيرات الماء، ولو أنه قد يتركب في بعض الأحيان من بللورات الثلج إذا انخفضت درجة حرارته بالقدر الكافي. ولا ينتظر

أن يوجد في السحب الطبقية أو الطبقية المشققة مزيج من الثلج والماء، إذ أن سمك هذين النوعين من السحب لا يكفي لأن تنشأ خلالها اختلافات محسوسة في درجات الحرارة.

أما الركام الطبقي فيتركب عادة من قطيرات الماء، إلا في بعض الحالات النادرة التي تنخفض فيها درجة الحرارة. ففي هذه الحالة يتركب السحاب من بللورات الثلج التي قد تماسك بعضها ببعض لتكون قشور الثلج. ونكون قطيرات الماء في الفصول الباردة في درجة من الحرارة تحت المبرد. على أنه لا يمكن أن تتركب السحب الركامة الطبقية من مزيج من الماء والثلج. ولكن قطيرات الماء التي يتركب منها السحاب الواحد تختلف حجومها فيما بينها اختلافا بينا.

أما تركيب السحب ذات النمو الرأسي فأمر مثير للاهتمام. فالركام الضحل يتركب من قطيرات مائية في درجات من الحرارة تزيد على درجة التجمد إذا استثنينا بعض الحالات النادرة التي يتركب فيها هذا السحاب من قطيرات مائية تحت المبرد إذا تكون السحاب في الشتاء. فإذا ما الركام | المنتفخ تعدى في كثير من الأحيان مستوى التجمد، ونتج من ذلك أنه تتركب أجزاؤه العليا من قطيرات الماء تحت المبرد. فإذا ما وصل السحاب في نموه إلى أعلى من مستوى التجمد بكثير تكونت في قممه بللورات ثلجية. فإذا كان الأمر كذلك كان السحاب مننا ركاما. أما وجود بللورات الثلج في قم المزن الركامى فهو ظاهرة في غاية الأهمية بسبب العلاقة الوثيقة جدا بين بللورات الثلج والطول الذي يسقط منه. ويحوي المزن الركامى تشكيلة كبيرة من المركبات. فالأجزاء السفلي تتركب. امن قطيرات الماء يكون ما يقع منها فوق مستوى التجمد في حالة ما تحت البريد. أما الجزء العلوي من المزن الركامى فيتركب من بللورات الثلج

دون أية قطيرات مائية، بينما يتكون في السحب التي يشتد فيها النشاط، حبات البرد التي تختلف فيما بينها من حيث مراحل نموها.

أما تركيب السحب العالية التي تتكون في الطبقات الجوية العليا (الاسترانو سفيير) فل نصل بعد بشأنها إلى نتائج حاسمة إلا أن التلونات التي تشاهد في السحب الصدفة لما يدل على وجود قطرات مائية.كما اقترح البعض أن هذه السحب المالية جدا تتركب من غبار وصل إلى هناك من مصادر مختلفة، مثل الانفجارات البركانية.

وبعض المصادر الكونية التي قد تكون شهية أو كواكب، أو مواد كونية تبعث بها الشمس إلى جو الأرض.

وقد قام ريكارد بدراسة قطيرات السحب على مرصد باى دي دوم، ثم على مرصد يك دي ميدي، فأدت دراسته إلى أن هذه القطيرات تختلف فيما بينها من حيث حجومها ومما يؤيد هذا الرأي ما يشاهد أحيانا من ظهور الأكاليل الناقصة المائعة بدلا من الهالات الواضحة الحدود. وقد وجد أن أنصاف أقطار القطيرات تختلف فيما بينها بنسبة، إلى ١٠ في السحاب الواحد. إلا أنه وجد مع ذلك أن لكل سحاب حجا منفصلا تقترب منه أنصاف أقطار غالية القطيرات.

ولكل نوع من السحب حجم ميز له. فقد وجد أن أنصاف الأقطار السائدة في أواسط السحب المختلفة الأنواع بعد تمام تكوينها هي: ١١ ميكرون في المزن الطبقي و ٨ ميكرون في الركام الطبقي، ٦،٥ ميكرون في الركام، ٥،٣ ميكرون في الطبي أما القطيرات التي تتركب منها السحب في أثناء مرحلة التكوين، أو في أثناء مرحلة الانحلال فقد وجد أنها أصف منها في السحب التامة التكوين. كما وجد أن الحجر السائد في السحاب الواحد أكبر

في الوسط منه عند الحافة. ولكنها في جميع الحالات من مرتبة بضعة ميكرونات.

وقد أدت الدراسات التالية التي أجريت على السحب بمعاونة الطائرات إلى نتائج مماثلة من حيث حجوم قطيراتها. وقد قام بأبحاث في هذا المجال كل من اللجنة الاستشارية القومية للطيران، و رصد مونت واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية و مازور بإنجلترا، وديم بألمانيا. وكان أساس الدراسات في كل من هذه البحوث هو استقبال قطيرات المطر على ألواح الميكروسكوبات، وتجميع الثلج على أسطوانات تدور في أثناء الطيران في السحب تحت المبردة.

ولما كان الضباب في متناول الباحث بدرجة أكبر من السحاب، كانت معظم الدراسات التي أجريت على حجوم القطيرات خاصة بقطيرات الضباب. إلا أنه يجدر بنا أن نذكر في هذا الصدد أن تطبيق النتائج التي حصلنا عليها من دراسة قطيرات الضباب على السحب يؤدي إلى نتائج خاطئة إلى حد ما.

ومن الأمثلة على ذلك أن دراسات الشحنات الكهربية التي تجرى على قطيرات الضباب لا تصلح أساسا للوصول إلى نتائج خاصة بالسحب، وذلك بسبب الاختلاف الجوهري في مواضع السحب والضباب بالنسبة للأرض.

على أن الدراسات السحب التي تجري على قمر الجمال عرو با تجم من حركة السحب بالنسبة للراصد فدراسة الأجسام المتحركة لم تكن في يوم من الأيام في نفس السهولة التي تدرس بها الأجسام الساكنة. كما يبدو أنه من الجائزة الاعتراض، النفس الأسباب، على استخدام الطائرات في هذا النوع من الدراسة إذ أن الحركة النسبية في هـ ذه الحالة أكبر بكثير منها في الحالة السابقة.

وبري مؤلف الكتاب أن الطريقة المثلى لهذا النوع من الدراسة هي أن يطير الباحث إلى السحاب في بالون يمكن توجيهه بحيث يسيح بعد وقف المحرك، مع

السحاب فتقدم عندئذ الحركة النسبية، و يختفي أثر كل من عادم المحرك والاضطراب الذي تسببه مروحة الطائرة.

ولن يؤدي أي تعديل في هذه الطريقة، لقياس أحجام القطيرات، يقصد منه الإقلال من شأن الحركة النسبية، لن يؤدي إلى نتيجة مرضية فكثيرا ما كانت للطائرات حركة نسبية وهي تمر في السحاب، فإنه لابد أن يحدث من الاضطراب بالقرب منها ما يكفي لهدم الترتيب الطبيعي لقطيرات السحاب أو بللوراته، علاوة على ما قد يحدث من اندماج مفتعل للقطيرات أو البللورات. كما أن الظروف السائدة في المنطقة المجاورة لجسم الطائرة ستكون ولا شك ظروفا غير طبيعية مع دوران المحركات وذلك بسبب إضافة مقدار محسوس من خار الماء في عادم الطائرة الذي يحوي فوق ذلك مقدار معينة من الكربون..

٣- علامات تكوين السحب

تتضمن عملية تكوين السحاب تحويل جزء من بخار الماء الذي يحتويه الجو إلى حالة السهولة أو الجمود، وقد يكون هذا التحول في صورة تغير من البخار إلى قطيرات من الماء السائل ويسمى التحول في هذه الحالة. تكاثفا،، أو في صورة تغير من البخار إلى بللورات من الثلج، و يسمى التحول عندئذ و تساميا.

ويلزم أن تتوفر ظروف معينة حتى يمكن أن يتكون السحاب، فلابد من وجود عدد كاف من نوى مناسبة للتكاثف في الهواء تتكون عليها مركبات السحب. إما بالتكاثف أو بالتسامي. إلا أنه لا يبدو أن في الطبيعة نقصًا في عدد هذه النوى بدرجة خطيرة كما يلزم لتكون السحب فوق ذلك أن يكون الهواء مشبعا بالبخار، أو في حالة تقرب من التشبع. كما أن استمرار التكاثف يستلزم أن يمد الهواء باستمرار بخار الماء حتى يحتفظ بتشبعه.

ويمكن الوصول إلى الدرجة المطلوبة من التشبع بعدد من الطرق المختلفة، التي يمكن إجمالها في العمليات التي تؤدي إلى تبريد الهواء و بالتالي إلى إنقاص قدرته على حمل البخار، وفي العمليات التي يضاف فيها بخار الماء إلى الهواء، و بالتالي إلى زيادة ما يحتويه من البخار إلى أقصى ما يستطيع حمله في درجة الحرارة السائدة فيه على أنه من الجائز أيضًا أن تشترك هاتان العمليتان في العمل على الوصول بالهواء إلى حالة التشيع.

ومن أكثر العمليات شيوعا لتبريد الهواء و بالتالي لتكوين السحب هو العدد الذي تحدث نتيجة لرفع الهواء إلى مستويات يقل فيها الضغط.

وقد يتحقق هذا الرفع عن طريق التيارات الصاعدة الحرارية، أو التيارات الصاعدة الميكانيكية، أو بهما معا. وقد يحدث أن يرفع بطريق غير مباشر نتيجة الصعود الهواء الذي يقع تحته، فقد ينحرف تيار أفق إلى أعلى بفعل تيار صاعد في طبقة الهواء التي تقع تحته.

كما أن اختلاف الطبقات السفلي من الهواء الجوي كثيرا ما يؤدي إلى تكوين السحب الواطئة. إلا أننا مازلنا في شك ما تصل إليه قدرة الاختلاط في الطبقات العليا من الجو وتتكون السحب أحيانا بطريقة غير مباشرة، فقد يؤدى تبريد الهواء الملامس لسطح بارد من الأرض أو الماء، إلى تكوين الضباب الذي يجوز أن يرتفع فيما بعد ليظهر في صورة السحاب.

وسنفترض في أثناء دراستنا لطرق تكوين السحب أن بالهواء عددا كافة من نوى التكاثف أو التسامي إلى أن نقوم بدراسة تفصيلية لتلك النوى في الباب التالي.

الرفع الحراري

ينشأ الرفع الحراري إذا سخن سطح الأرض بالإشعاع الشمسي إلى درجات مختلفة من الحرارة فيزيد دفء الهواء الواقع فوق المناطق الساخنة، وخف وزنه تبعا لذلك مقارنته بالهواء المحيط به ما ينشأ عنه انعدام استقرار الهواء فتنشأ التيارات الهوائية الصاعدة.

ولما كان من غير المستطاع أن يصعد كل الهواء الساخن، فإنه لابد أن تنشأ تيارات هابطة تعوض ما صعد من الهواء. و بذلك تتكون صورة غير منتظمة من التيارات الصاعدة والتيارات الهابطة.

ولما كان الضغط الجوي يقل بزيادة الارتفاع فان الهواء الصاعد لابد أن

يتمدد، ويبرد تبعا لذلك، بحيث تنقص درجة حرارته في تلك التيارات الصاعدة بمعدل يساوي عادة معدل النقص الارمياباتيكى (ثابت الحرارة). فإذا استمر ارتفاع الهواء الصاعد إلى علو كان وصل الهواء إلى درجة التشبع. حتى إذا واصل الهواء صعوده أدى ذلك إلى تكاثف جزء مما يحتويه من بخار الماء. وتعمل الحرارة الكافة المنطلقة في هذه العملية، عملية التكاثف، على خفض معدل تبريد الهواء الصاعد إلى القيمة المعروفة باسم معدل النقص الارياباتبكي المشبع ويطلق على المستوى الذي يبدأ عنده التكاثف مستوى التكاثف الحملي. ويحدث التكاثف في بادئ الأمر على هيئة قطيرات مائية غاية في الدقة، تكون مجرد طبقة عجاجية. ولما كان الهواء في هذه التيارات الصاعدة يرتفع فيها بسرعة كبيرة، فإن هذه الطبقة العجاجية تكون عادة طبقة فحلة. ويتخذ نتاج التكاثف بعد ذلك شكل قطيرات السحب. وتفسر ضحالة هذه الطبقة المجاجية المظهر المحدد الذي تبدو فيه قاعدة السحاب الركامى.

وقد قام مؤلف الكتاب بعمليات طيران فوق المناطق الجبلية، فشاهد ظاهرة تستحق الاهتمام فقد شاهد السحب وقد تكونت فوق أودية معينة أقل ارتفاعا من غالبية باقي المنطقة، ويدل هذا في ظاهره على ارتفاع درجة الرطوبة في الهواء الصاعد من هذه الأودية، مما يؤدي إلى خفض مستوى التكاثف الحملى عنه في معظم الكتلة الهوائية.

ويتوقف سمك السحب التي تتكون بالحمل الحرارى على رطوبة الهواء المرفوع، و درجة استقراره فإذا كان الهواء يحتوي قدرا كبيرا من بخار الماء زاد مقدار الماء الذي ينتج من التكاثف، فيزداد تبعا لذلك سمك السحاب. كما أنه إذا زادت درجة عدم الاستقرار في الهواء ساعد ذلك على زيادة الارتفاع الذي تمتد إليه التيارات الرأسية فيزداد بذلك أيضًا سمك السحاب. وعلاوة على ذلك

فإن درجة التسخين في وقت ما بالذات، وطبيعة العوامل القائمة الأخرى التي تعمل على تكوين السحب وقدرة هذه العوامل على ذلك. كاها ذات أثر فعال في نمو السحاب الذي يتكون بالحمل الحراري.

ويتخذ السحاب الذي تنتجه التيارات الصاعدة. في بادئ الأمر، شكل الركام المشقق وهو عبارة عن سحاب مزق، أشكاله بعيدة كل البعد عن الانتظام. يستطيل في بعض الأحيان في الاتجاه الرأسي إلى حد كبير مع انحراف عن الاتجاه الرأسي في بعض الأحيان وما هذا إلا نتيجة طبيعية للواء الهابط الذي يحل محل التيارات الصاعدة.

وهي ظاهرة يعرفها قائدو الطائرات الشراعية معرفة تامة، وتعرف الحجب الشابورية التي تسبق التكوين الحقيقي له ذه السحب أحيانا بالسحاب الدخاني.

ويؤدي التسخين الكافي، ووجود مدد مناسب من الرطوبة إلى استمرار نمو الزكام المشقق ليصبح ركاما ضحلا. ويتكون هذا السحاب عادة في طبقة من الهواء لا ينخفض مستوى التكاثف الحملي فيها كثيرا عن طبقة من الهواء المستقر، فلا تستطيع التيارات الصاعدة أن تخترق هذه الطبقة المستقرة مسافة محسوسة بعد أن تستنفد طاقتها في تلك الطبقة. أي أن الركام الضحل بعبارة أخرى، يتكون ويق ركاما ضحلا إذا كان مستوى التكاثف الحملي قريبة من قمة التيارات الصاعدة التي تعلوه.

وكثيرا ما يحدث، إذا تكون الركام الضحل بعد الظهر، أن ينحل بعد أن يصل الإشعاع الشمسي الساقط إلى نهايته العظمى. ويغلب في هذه الحالات أن ترتفع قاعدة الركام بالتدريج مع مضي الوقت، إذ يعمل تسخين الهواء على رفع مستوى التكاثف. وترتفع السحب بأكملها ويصغر حجمها عادة مع احتفاظها بشكلها الخاص فإذا بدأت الأرض تبرد بسبب الإشعاع الصادر منها مالت هذه

السحب الركامة إلى الهبوط، فيؤدي ذلك إلى ضغطها وتسخينها، و بالتالي إلى انحلالها.

وقد يتكون من الركام الضحل ركام طبتي ركامى **cumplogontpn.** **stratoepmplp** نتيجة لزيادة مقداره الأمر الذي يؤدي إلى تداخل الركامات فتتكون منها طبقة كاملة من السحاب فإذا اقترب وقت الغروب كان من الجائز أن تتكون طبقة أو رفع من الركام الطبي المسائي. وذلك إذا اتسعت قواعد الركامات وانحلت قممها في الوقت ذاته فيتكون عندئذ الركام المتوسط على هيئة طبقة أو رقع.

فإذا استمر الركام الضحل في نموه أدى ذلك إلى تكوين الركام المنتفخ إلا أن هذا لا يحدث إلا إذا كانت هناك طبقة عميقة من الهواء يتوفر فيها عدم الاستقرار المشروط، وتحوي من بخار الماء ما يكفي لإنتاج قطيرات بكميات وفيرة تسكني بدورها لتكوين سحاب كبير. وتنطلق في هذه الحالات كميات عظيمة من الطاقة، فتنمو قمم السحب بسرعة كبيرة، متخذة في أغلب الأحيان شكل الأبراج.

ويتميز الركام المنتفخ بشدة الاضطراب. فقد تبلغ قوة التيارات الرأسية حد كبيرة، وتمتد إلى علو كاف تستطيع معهما أن تعلو فوق مستوى التجمد. وفي هذه الحالة تتركب قم السحاب من قطيرات مائية وتتميز بمظهر الصلابة فتكون أشبه بالقنبيط. فإذا زاد نشاط التيار الصاعد زيادة كافية إذن قمة السحاب في منظار الغليان.

وإذا استمر نمو الركام المنتفخ أدى ذلك إلى تكوين مزن ركامى. ويظهر التحول بوضوح تام في شكل قمر السحاب التي تليق حدودها الهضبة، حيث تمتد منها أشرطة من بللورات الثلج. فإذا زاد نمو المزن الركامى أدى ذلك إلى

تكوين خليط عظيم من بللورات الثلج في قمة السحاب. أو يقتضى هذا أن تصل قمة السحاب إلى ما فوق مستوى التجمد بكثير. وتكون بللورات الثلج هي السائدة عند مستوى – ١٠م فتوجد أعداد هائلة من قطيرات الماء تحت المبرد.

وتتسع أحيانا أشرطة البللورات الثلجية التي تتكون عند قم المزن الركامى لتتحول إلى رأس يشبه الستدان في منظره. ويتكون من ذلك المزن الركامى السنداني المعروف تمام المعرفة. ويبدو أن من أسباب اتساع السندان وجود طبقة من الهواء المستقر تعمل على وقف النمو الرأسي. ويرجع ذلك إلى استنفاذ طاقة التيارات الصاعدة في السحاب بفعل مقأومة الهواء المستقر لأية حركة رأسية. وقد تشتد الريح في مستوى قيم الركامات المنتفخة في وقت تقل فيه رطوبة الهواء، فتتمزق الأبراج بفعل الريح، وتتبخر قطيرات السحاب في الهواء الذي يعلوه. وفي هذه الحالات قد يؤدي مظهر قم السحاب إلى الخطأ في اعتبارها قم ركام منتفخ يمر بمرحلة التحول إلى مزن ركاي.

وقد لا يتضح التغير في قم الركام المنتفخ عندما يتحول إلى مزن اركامى، إذ تلين حدوده الصلبة، ويظهر عدد قليل من أشرطة البللورات الثلجية. ويكون المزن الركامى المتكون هذه الوسيلة عبارة عن مزن ركامى يعرف باسم « المزن الركامى الأصلع». أما السحاب المعروف باسم المزن الرمي القلنسوي فهو نوع متوسط بين النوع الأصلع والنوع السنداني.

ويتكون نوع نادر من السحب الركامة بفعل الحرائق التي تشب في الغابات أو الأشجار، والتي تولد كميات هائلة من الحرارة ينشأ عنها تيار صاعد قوى. كما أن احتراق الخشب يؤدي إلى انطلاق كميات هائلة أيضًا من بخار الماء. وقد يكم في هذا التيار الصاعد مع كميات البخارات أضيفت إلى الهواء لتكوين سحاب ركامى.

وتتكون السحب الركامة أحيانا على هيئة خطوط مستقيمة تمام الاستقامة. وتعرف هذه المجموعات الركامة عند قائدي الطائرات بالشوارع السحابية. وقد فسر تكون هذه الصفوف من السحب بوجود دوامات طولية في طبقة من الهواء تمتاز بعدم الاستقرار المشروط. فتنتج الركامات في الفروع الصاعدة من الحركة الدورانية.

الرفع الجبهي

تتكون مجموعات متباينة من السحب نتيجة الصعود الهواء الماشية عن التفاعل المتبادل بين كتل الهواء التي تتلاقى عند الجهات. وتتوقف طبيعة هذه السحب الجهمية وحجومها إلى حد كبير على نوع الجبهة و هيلها وتحركها، كما تتوقف على مقدار الرطوبة التي تحملها كتل الهواء المهنية ودرجة استقرارها.

ويتوقف تكون السحب عند الجبهات كلية على وجود كميات من بخار الماء في الهواء الدافئ تكفي لحدوث التشيع في الهواء عند رفعه وتبريده تبعا لذلك. فإذا كان الهواء الدافئ شديد الجفاف فلن تكون سحب جهة. وتتأثر السحب الجبهية، بدرجات مختلفة، بالخواص الطبوغرافية للمنطقة المعنية. وتنشأ سحب الجهات الدافئة نتيجة لصعود الهواء الدافئة صعوده فوق خابور من الهواء البارد. فإذا اقتربت الجبهة الدافئة كان أول وأعلى سحاب يظهر هو السمحاق. وكلما اقتربت الجبهة الدافئة بعد ذلك من محطة الرصد زاد سمك الطبقة الهوائية التي تتأثر بالرفع، وتحول السحاب إلى سحاق طبقي. ثم تستمر الزيادة في السمك حتى يظهر محاق طبق متوسط رقيق. أما ما يلي ذلك من زيادة في السمك فيؤدي إلى ظهور سحاب طبقي متوسط ميك معتم، يصبح بعد ذلك طبقية متوسطة مطالا، يكون في العادة بداية لسقوط الهطول. وكثيرا ما يختلط الركام المتوسط بالطبقي المتوسط. فإذا استمرت الزيادة بعد ذلك في

السمك ظهر المزن الطبقي الذي يعد المصدر الرئيسي للهطول.

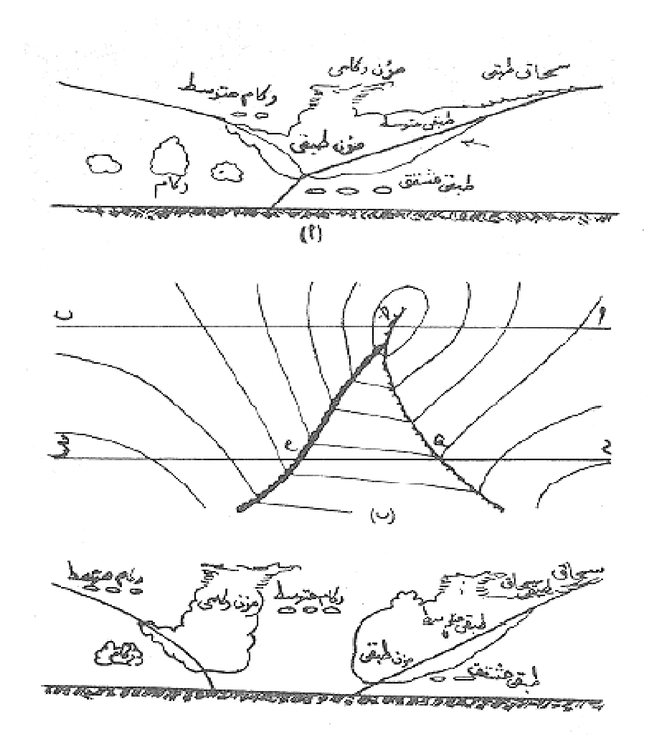
ويؤثر المطر الساقط من قاعدة الطبقي المتوسط والمزن الطبقي تأثيرا جوهرية على الهواء الواقع تحت السحاب. فكثيرا ما يتبخر المطر، مغتصبة حرارة تصعيده الكافية من الهواء الواقع تحت سطح الجبهة. ويؤدي هذا في الغالب إلى أن يصل هذا الهواء إلى فرق التشبع، ويلي ذلك تكاثف الماء الزائد مكونا سحابة ثانويًا أو ضبابًا. ويتوقف ظهور هذا أو ذاك على ما يحتويه الهواء من رطوبة، كما يتوقف على قوة الريح. وتشاهد هذه الظاهرة، ظاهرة فوق التشبع وما إلى ذلك من تكون سحاب ثانوي، في الهواء الواقع تحت قاعدة المزن الطبقي مباشرة، مما يؤدى إلى نمو هذا السحاب إلى ما تحت سطح الجبهة. وقد يحدث هذا في بعض الأحيان عند المستويات الأولى، فيتكون من ذلك سحاب طبق مشقق واطئ جدا لا اتصال بينه وبين السحاب الهطال. وقد تندمج أجزاء السحاب المشقق التكون سحابة طبقيا. كما أن للخلط الذي يحدث في أسفل طبقات الهواه أثرا فعالا في تكوين هذا السحاب الطبقي المشقق الواطئ.

وإذا كان الهواء الراكض يحمل قدر أكيرا من الرطوبة، وكان فوق ذلك على درجة محسوسة من عدم الاستقرار، تكونت فيه مزن ركامة تقع أجزاؤها السفلى في الطبقة المتوسط أو المزن الطبقي. أما الاضطراب فلا يمتد إلى ما تحت سطح الجبهة.

وبرفع الهواء الدافئ عند الجبهة الباردة بعنف يزيد على قوة رفيه عند الجبهة الدافئة فتتكون بذلك أنواع من السحب أكثر نشاطا. فإذا زادت سرعة الرفع أدى ذلك إلى تكون مزن ركامى عند ما يتوفر شرط عدم الاستقرار في هواء القطاع الساخن، وكان علاوة على ذلك يعمل القدر الكافي من بخار الماء.

وتسبق السحب ذات النمو الراسي التي تتكون على الجبهة الباردة عادة طبقة من الركام المتوسط. كما أن الهواء الدافئ. الواقع فوق سطح الجبهة يعاني في بعض الأحيان هبوط شديد ينتج عنه تكون انقلابات حرارية قد تبلغ من القوة درجة تستطيع معها الحد من مدى النمر الراسي للسحب الركامية التي تتكون عند الجبهة. وقد يصل هذا إلى حد وقف نمو السحب الركامية وقفا تاما.

فإذا التأمت الجهتان الدافئة والباردة، ورفع مواء القطاع الدافئ، اتخذت السحب المتكونة أشكالا تشبه أشكال السحب الجمعية، سواء كان ذلك نتيجة لالتئام الجبهة الدافئة أو الجبهة الباردة، وتكون السحب المتكونة عند التئام الجبهة الباردة عادة أكثر نشاطا عما يتكون منها عند التئام الجهة الدافئة.



(شكل ١)

أنواع السحب التي تكون فوق منخفض جوي من النوع الموضح في (ب) » حيث يمثل (١) مقلما في الشام، (ج).فما رأسا عبر القطاع الساخن (من كتاب أو. هيو سون، ر. و. لونجلى في المبتورولوجية النظرية والتطبيقية بالإنجليزية، الذي قامت بشعره شركة جون وايلى عام ١٩٤٤).

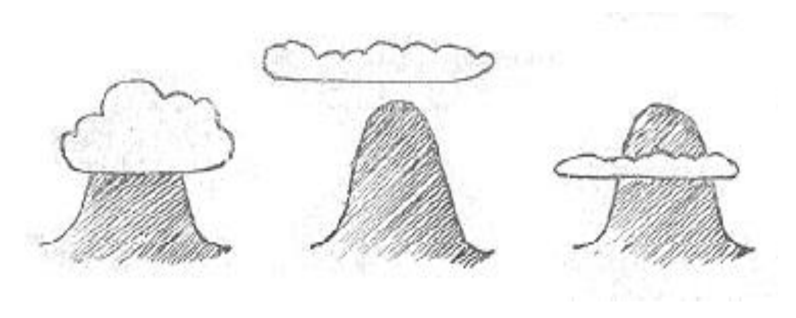
إلا أنه قد تظهر في أحوال عديدة منطقة تتدرج فيها درجة الحرارة بين الهواء البارد والهواء الدافئ، بحيث لا يتيسر تحديد خط فاصل بين الهواءين، فلا يقال إن بين الهواءين جبهة. وكثيرا ما نلحظ هذه الظاهرة في مؤخرة مناطق الضغط العالي حيث تنشأ مناطق التجمع الهواء، كما تلاحظها بصفة خاصة بعد مرور قمة جرف منطقة الضغط العالي، فيضطر الهواء الدافئ في هذه الحالات إلى الارتفاع، فيبرد وتتكون تبعا لذلك سحب أشبه بسحب الجبهة الدافئة. وكثيرا ما تتكون بهذه الوسيلة سحب سحاقية متسعة فوق مناطق الضغط العالي. فإذا كان الهواء يعمل كميات كبيرة من الرطوبة حدث هطول من تلك السحب. وإذا كان الهواء، علاوة على ذلك، على درجة كبيرة من عدم الاستقرار أدى تجمع الهواء إلى تكوين السحب المزن الركامة.

الرفع الجبلي والتلي

وتلعب المرتفعات دورة خطيرة في عمليات تكوين السحب. فكثيرة ما يؤدي وجود تل في طريق الريح إلى صعود الهواء فوقه، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى تمدد الهواء تمدده كافيًا لإنتاج تبريد يسمح بتكوين السحب. ويتوقف مدى رفع الهواء بهذه الطريقة على شدة الريح و ارتفاع التل و مقدار انحداره. كما يتوقف على درجة استقرار الهواء المرفوع. ولذا كانت هذه السحب تتراوح بين الطبق المشقق أو الركام المشقق، وهي محب ليست من الأهمية بمكان، و بين المزن الركامى و المزن الطبقي اللذين يتصفان بالكبر والنشاط. على أن حجم

السحاب المتكون ونوعه يتوقفان إلى حد كبير على مقدار الرطوبة التي يحملها الهواء المرفوع.

أما مواضع السحب بالنسبة إلى التلال التي تتسبب في تكوينها فتختلف اختلافا كبيرا من سحاب إلى سحاب. فقد يرتكز السحاب على قمة التل أو على جانبه الخلفي، أو قد يحيط بالتل على هيئة حلقة.



(شكل ٢)

مواقع السحب التي تتكون بفعل الرنات بالنسبة إلى التلال التي تتسبب في تكوينها (من كتاب فيرياء السحب بالفرنسية اؤ افيه كولوم ولو اسيل. قام بنشره ميشيل بباريس عام ١٩٣٩) ففي الهواء المستقر الذي تعلو رطوبة النسبية، تتكون في الغالب سحب طبقية تكسو قمر التلال. فاذا كان الهواء مستقرة، وكانت الريح

معتدلة، مر الهواء مرورة منتظمًا فوق قمة التل و على جانبه الخلفي، وكانت للسحاب في هذه الحالة قاعدة محددة تحديدا تاما على كل من جانبي التل، بحيث تقع قاعدة السحاب على الجانب المواجه للريح عند المستوى الذي يصل فيه الهواء إلى درجة التشبع نتيجة لرفعه، أي عند مستوى و التكاثف

الرفعي،. أما في الجانب الخلفي من التل فإن قاعدة الساب تقع عند المستوى الذي يتم فيه تبخر السحاب نتيجة للتسخين الناشئ عن الهواء الهابط. فإذا لم يقع هطول على جانب التل المواجه للريح، ظل الهواء محتفظة بما يحتويه من الماء، وعندئذ تكون كمية الحرارة التي فقدها البخار المتكاثف على الجانب المواجه للريح، هي بعينها كمية الحرارة اللازمة التبخير السحاب على الجانب الخلفي. ومن هذا نرى أن قاعدة السحاب على الجانب الخلفي لا بد أن تقع على نفس المستوى الذي تقع عنده قاعدة السحاب على الجانب المواجه للريح ويطلق على هذا النوع من السحاب الطبقي أحيانا اسم و السحاب التاجي،. أما إذا هبت ريح شديدة، يحمل هواؤها كمية كبيرة من بخار الماء، على تل عال علوة كافية، فإن السحاب الذي يتكون عندئذ يبلغ من السمك ما يصبح همه مزنة طبقية، تسقط منه كميات وافرة من الحصول على الجانب المواجه للريح من التل. ولا كان هذا يفقد السحاب بعضا من مائه، فإن قاعدته على الجانب الخلفي للتل تكون على مستوى أعلى منه على الجانب المواجه للريح، وذلك لأن كمية الماء التي تبقى في الهواء بعد الهطول ستستنفد في تبخرها على الجانب الخلفي للتل كمية من الحرارة تقل عن الكمية التي فقدها الماء التكاثف على الجانب المواجه للريح. ويستمر الهواء في تحركه إلى اسفل التل، فيدفأ نتيجة لزيادة الضغط، حتى يصل إلى سفح التل ريحة دافئة جافة. وبهذه الطريقة تنتج رياح. الشينوك، في مناطق جبال روكي بأمريكا، ورياح «الفون، بأوروبا. وبنفس الطريقة تهطل أمطار غزيرة في الهند من الهواء الذي يجب على جبال الجاث الغربية، مما يؤدى إلى هبوط رياح ساخنة جافة عند السهول التي تقع خلفها.

على أنه يجوز أن تتكون السحب الركامة نتيجة لرفع الهواء فوق المرتفعات. فكثيرا ما تشاهد خطوط من الرامات فوق التلال في أيام لا يتكون

فيها السحاب الركامى في أي مكان آخر. إلا أنه لا يلزم أن تكون هذه الركامات ملامسة القمة التلال. إذ أن الهواء الذي تعترض التلال طريقه قد يندفع بفعل هذه التلال إلى ارتفاع أعلى من مستوى القمر بكثير. أما مدى الارتفاع الذي يلزم أن يصل إليه الهواء حتى تتكون السحب الركامة فيتوقف على مستوى التكاثف المحلى الذي يتعين بدوره بمقدار الرطوبة التي يحملها الهواء الصاعد.

أما إذا كان الهواء على درجة كافية من عدم الاستقرار، وكان فوق ذلك يعوى قدرا كافيا من بخار الماء، فقد يستمر نمو الركام الذي تكونه التلال إلى أن يصبح مزن ركامة. ويكون الجزء الأكبر من هذه السحب المزن الركامة على الجانب المواجه للريح من التل أو التلال.

وتنتج من اعتراض التلال بالذات الطريق الهواء أنواع خاصة من السحب فقد سبق أن أشرنا إلى أن مواقع السحب التي تنشأ بهذه الوسيلة بالنسبة إلى التل أو التلال، تختلف من سحاب إلى سحاب.

فالسحب القلنسوية تتكون فوق قمر الجبال، متخذة أشكال الجبال دون أن تلمسها المسا حقيقيا. وهي عبارة عن سحب ركامة تتكون نتيجة الصعود الهواء على منحدرات الجبال. ولا يبدو على هذا النوع من السحاب نقص كبير في التماثل بالرغم من أن صعود الهواء أقرب بطبيعة الحال إلى عدم التماثل. كما أنه يتكون باستمرار على جانب الجبل المواجه للريح، وينتهي باستمرار على الجانب الخلفي.

وقد يحدث أحيانا أن تكون الرياح من القوة بحيث يصل الهواء الصاعد إلى أعلى مستوى ممكن على الجاب الخلفي من التل، فتتكون بذلك طية من السحاب تشبه إلى حد ما السحب العدسية، إلا أنها تخلو من الحواف الرقيقة.

وتنحل سحب المرتفعات عادة على الجانب الخلفي من التل، فتتخذ بذلك عددا كبيرا من الأشكال. أحدها وهو الذي يصحب رياح الفون، ويشار إليه عادة باسم «حائط الفون،، عبارة عن سحاب ضخم يبدو الحائط لمن ينظر إليه من أسفل.

وتهبط السحب أحيانا على الجانب الخلفي من التل كما لو كانت شلالات. وأحيانا أخرى يطول بقاء شريط من السحاب، يشبه في شكله خطة من الدخان الذي تنفثه القاطرة. إلا أنه لا يلزم أن تكون السحب الشريطية في كل الأحوال بقايا سحب تكونت على جانب التل المواجه للريح. فقد تكون هي ذاتها سحبة حديثة التكوين، نتجت عن ارتفاع الهواء بالقدر الذي يكفي لمجرد تكوينها. وقد وضع همفري نظرية في هذا الصدد، افترض فيها أن هذه السحب الشريطية تتكون خلف التلال نتيجة التمدد الهواء وتبريده في مناطق صغيرة يقل فيها الضغط..

ومن أمثلة السحب الشريطية السحاب الذي ينشأ على جبل ماثرهورن، والذي يعرف لذلك باسم "ماثرهورن المدخن" قام بدراسة هذا السحاب بصفة خاصة كامب دي فريبه، مستعينا في ذلك رآه للصور المتحركة. فأوحت نتائج الدراسة باحتمال وجود دو امتين لها محوران أفقيان، على الجانب الخلفي للجبل، وتفسر هذه الدوامات وجود السحب الساكنة على الجانب الخلفي للجبل، حيث تكون هذه السحب النادرة في الجوانب الصاعدة من هذه الدوامات، وتنحل في الجوانب الهابطة. أي أنه، بالرغم من التغير المستمر الذي يجري على مادة السحاب، فإنه يبدو للناظر كما لو كان سحابة ساكنا لا حراك فيه. هذه الدوامات الكبيرة لا تستطيع، على ما يبدو، أن تنشأ إلا مع رياح لا تزيد سرعتها على ١٠ أمتار في الثانية، أو على ٢٢ ميلًا في الساعة. على أن

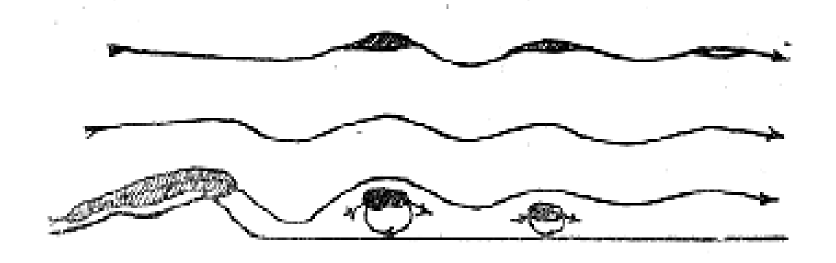
القيمة المضبوطة للسرعة الفصل تختلف من حالة إلى أخرى تبعا لدرجة استقرار الهواء. فإذا زادت سرعة الريح زيادة كبيرة حل محل هذه الدوامات حركة اضطرابية غير منتظمة. وإذا قلت سرعة الريح إلى حد كبير، أو كان الهواء شديد الجفاف بحيث لا يسمح بتكوين السحاب في حجم محسوس اظهر بدلا من السحاب ما يشبه والدخان، الخفيف. وقد جاء فيلا في تقارير بعض من تعوزهم خبرة الرصد لمثل هذه السحب ودخان ينبعث من براكين خامدة.

الرفع غير المباشر

ألا يقتصر تكوين السحب على طبقات الهواء التي يقع فيها الاضطراب، إذ تكون في بعض الأحيان في طبقات من الهواء تخلو من الحركة الاضطرابية، ولكنها تتأثر بحركة الهواء الذي يجري تحتها. إلا أن هذا لا يحدث إلا إذا وصلت الرطوبة النسبية في هذه الطبقات إلى القدر الكافي، إذ أن الحركة الرأسية التي تتعرض لها هذه الطبقات لا نكني هبوط كبير في درجة حرارتها.

وتتكون السحب العدسية نتيجة لرفع طبقات هوائية لا اضطراب فيها، رفع ينشأ عن الحركة الرأسية إلى أعلى، التي يسبها وجود عائق ما في طريق الهواء، قد يكون تلا أو تلالا. فتنقل حركة طبقات الهواء السفلى إلى الطبقات التي تعلوها، والتي قد تزيد فيها الرطوبة النسبية إلى حد يكتفي مع هذا الرفع التكوين السحاب. ويلزم لحدوث هذا أن يكون الهواء العلوي على هيئة طبقات تحمل قدرا كافيا من الرطوبة. ويؤدي هذا الرفع من وضع السكون، في أبسط صوره، إلى ظهور رقبة من الهواء تتكون فيها سحب عدسية على مختلف الارتفاعات، ولو أن الغالب منها يقع على مستوى السحب المتوسطة. وتكون هذه السحب في بعض الأحيان كبيرة الحجم كشفة المظهر، ومن أمثلتها السحاب المعروف باسم أميرة الريح.

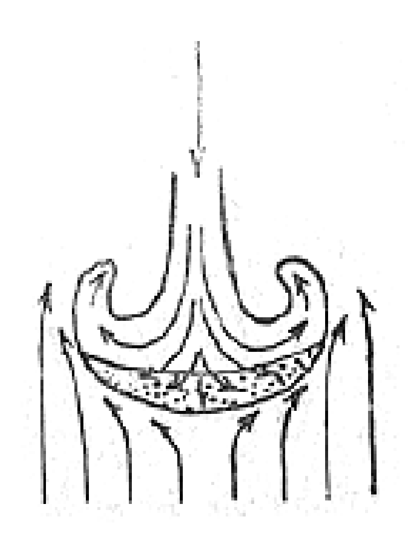
على أنه لا يلزم أن يكون العائق جسمها مرئيا كالتل. فقد يكون سبب الاضطراب في الهواء المعنى عنصرا من العناصر الحملية، وهو عبارة عن عمود صاعد من الهواء الساخن قد لا تسمح ظروفه الخاصة بحدوث التكاثف فيه.



(شكل ٣)

السحب التي تنشأ من الرقم غير المباشر (مرزاجوال) و مجموعة الأمواج الموقوفة التي تتسبب في تكوينها من كتاب فيزياء السحب بالفرنسية لمؤلفيه كولومولو اسيل ألبان ميسيل بباريس عام ١٩٣٩)

فإذا وجد انقلاب حراري فوق الطبقة الرطبة، عمل على مقاومة الحمل، فيحد بذلك من حركة الهواء إلى أعلى وينشأ عن ذلك تكون سحاب عدسي أما إذا تمكن تبار الحمل الصاعد من اختراق طبقة الانقلاب الحراري، فقد يتكون سحاب من الركام الشقق، أو من أحد أنواع السحب القلمية. وقد ورد في تقرير للنزمان أنه شاهد بنفسه سحبا قلعية تخترق قباب السحب العدسية. ويفسر لتزمان تكوين السحاب العدسي على أنه نشأ من رفع نتج من آخر ورفعة، نتجت بدورها عن الطاقة التي هيألها انطلاق الحرارة الكامنة للتصعيد، وكانت بقدر يسمح للهواء باختراق الانقلاب الحراري.



(شكل ٤)

سحاب عدسي مع تيارات الهواء التي تفرضها نظرية الزمان لتفسير تكوينه (من كتاب فيزياء السحب بالفرنية ولقيه كولوم ولواسيل، نشره ألبان ميشيل باريس عام ١٩٣٩).

وتسبب المرتفعات والمنخفضات التي تنتشر في أرض المنطقة المعنية تحركات في هواها الجوي، تصحبها في بعض الأحيان دوامات معقدة الأشكال، يجوز أن تنتج منها سلسلة من الموجات تنقل الاضطرابات إلى

طبقات الهواء العليا التي تحمل قدرا كبيرا من الرطوبة. و بذلك تتكون سلسلة من السحب العدسية في صف واحد. وفي الإمكان العثور على أمثلة قوية لهذه السلاسل من الأمواج على الجوانب الخلفية لسلسلة الجبال. وقد

ينشأ أول جزء من الموجة، يتكون في اتجاه الريح بسبب وجود التلال، عن تيار صاعد. كما أنه قد يحدث هبوط ابتدائي في ظروف أخرى.. على أن تكوين السحاب يستلزم أن يكون متسع الأمواج من الكبر بحيث يسبب من الرفع ما يكفي لتشبيع الهواء الرطب الذي يعلوها.

ومن الأمثلة البارزة للسحب التي تتكون نتيجة القيام سلسلة الأمواج السحاب المعروف باسم (الموزا جوتل، الذي ينشأ عادة في مواسم الفون على ارتفاعات شاهقة.

وقد قام كيتنز بدراسة الدوامات التي تنشأ عليها هذه السحب دراسة مستفيضة. فكان عمله هذا غاية في الأهمية بسبب استخدامه طائرة شراعية لدراسة التيارات الهوائية. فلا يجد أثرا للاضطراب في قاعدة المنطقة التي نشأت فيها الأمواج في الوقت الذي كانت فيه السحب العدسية قائمة، كما كانت قائمة في نفس الوقت كتلة من السحاب على الجانب المواجه الربح من الجبل. وقد كانت هناك علاوة على ذلك طيات من السحاب على شكل أشرطة طويله نشأت عن قيام دوامات اضطرابيه ذات محاور أفقية، حيث كانت كل طية من هـ ذه الطيبات واقعة تحت واحدة من الأمواج التي أنتجت السحب العدسية. وقد جاء في تقرير كيتن وجود اضطرابات في هذه الطيات، غاية في العنف. ومع ذلك فقد كانت الطبقات المسطحة خالية من الاضطراب.

ويعزى تكون فصيلة من السحب العدسية بالقرب من المزن الركامى بالذات إلى تقابل تيار هابط من الهواء الجاف مع تيار صاعد من الهواء الرطب. ويعزو لنزمان تكون السحب العدسية عامة إلى هذه الميلية. فقد أوضحنا هذه النظرية في شكل (٤). وقد اعتبر لنز مان أن السحب العدسية تتكون نتيجة لصمود أعمدة من الهواء الرطب تشبه الأعمدة التي تكون السحب الركامة.

فإذا قابلت هذه الأعمدة الصاعدة تياراتها بملة من الهواء البارد أدى ذلك إلى تفلطح السحب التي تتكون في الهواء الصاعد وتسويتها. وتختلف هذه النظرية في أساسها عن النظرية المقبولة بصفة عامة، والتي تفرض وجود عدد من سطوح انقلابية حرارية نتجت عن هبوط الهواء. فالسحب العدسية تتكون فعلا في الظروف الفونية التي تتوفر فيها التيارات الهابطة، ولكنها تتكون على ارتفاع أبعد بكثير من مستوى التيارات الهابطة في الجانب الخلفي من الجبال.

أما السحاب القرص فينظر إليه في بعض الأحيان على أنه جزء من السحاب ركامى. إلا أنه في الواقع سحاب مستقل ينتمي عن قرب إلى السحب العدسية، إذ أن عملية التكوين تكاد تكون واحدة في الحالتين. فالهواء الصاعد، الذي تدفعه قم الركام النامية، يسبب تشويها محليا في تيارات طبقات الهواء العليا يشبه شكل القبة. فإذا كانت هذه الطبقات تحمل قدرا كافيا من الرطوبة تكون فيها سحاب أبيض أقرب إلى الرقة. ويتكون السحاب القرصي أعلى رأس الركام وعلى بعد منه. إلا أنه إذا استمر نمو الركام في الاتجاه الرأسي، فقد يتعدى رأسه مستوى السحاب القرص ويخترقه. ويؤدي هذا إلى تكوين بعض المناظر الأخاذة. فها هو ذا القرص، وقد اخترته الركام، يبدو في شكل الملفحة، ما دعا إلى تسمية القرصي بالسحاب و اللفحي، إلا أنه قد يحدث في أحيان أخرى عندما يخترق الركام القرص، أن تعمل التيارات الهابطة المحيطة بالركام أن تذيب ما تمر به من مساحة القرص، فيتحول القرص بذلك إلى حلقة تحط براسي الركام وقد تستمر عملية الإذابة الحلقية هذه إلى أن يتحول القرص إلى خطوط صغيرة من السحب الرمادية، منفصلة انفصالا تاما عن الركام الذي كان سببا في ظهورها بهذا الشكل.

وتتخذ السحب القرصية أحيانا أشكالا صفائية، تدل على وجود مجموعة

من سطوح الانقلاب الحراري. وقد لحظ ويجينر فعلا وجود أربعة انقلابات متتالية كشفت عنها أرصاد الطبقات العليا في وقت ظهرت فيه أربعة سحب عدسية متتالية.

ويبدو أن السحاب الذي يصحب قوس الشينوك يتكون نتيجة للرفع غير المباشر، ولو أن طريقة تكوينه لم تتم دراستها بعد. فالظاهر أن طبقة من الهواء الدافئ تعبر جبال روكي على مستوى عال ترفعها طبقات الهواء السفلى التي تدفعها الجبال إلى أعلا، ترفعها بما يكفي التكشيف بخار الماء الذي تحمله. فتتكون فيها سحب الشينوك الطبقية المتوسطة. وقد تردد في بعض الأوقات أن هذا السحاب من نوع الموزاجوال.

التبريد بالتلامس

قد يؤدى التبريد بالتلامس، بطريق غير مباشر، إلى تكوين السحاب حيث يتكون الضباب في بادي الأمر. ثم يرفع هذا الضباب فيما بعد نتيجة للتيارات الصاعدة الحرارية أو الميكانيكية. وقد يرفع هذا النوع من الضباب فينتج منه سحاب طبقي واطئ، يغطى في بعض الأحيان مساحة واسعة. كما أن ضباب البحر الذي يدفعه الريح القوى إلى أرض الشاطئ أو الجزر، قد يرتفع هو أيضًا فيتكون منه سحاب يتوقف ارتفاع قاعدته على طبيعة المنطقة المعنية، وعلى قوة الريح. وقد تتكون السحب بالوسيلة ذاتها إذا تكون الضباب على الأراضي البعيدة غن شاطئ البحر. وقد يحتفظ السحاب الذي ينشأ بهذه الوسيلة بصفته السحابية، أو قد يعود إلى صورته الضبابية، تبعا لقوة الريح وطبيعة المنطقة التي تلى المرتفع الذي كان سببا في رفع الهواء في الأصل. فإذا كانت الرياح خفيفة أو كانت المنطقة من الاستواء، بحيث لا تسبب أي اضطراب في تيارات الهواء، بقي الضباب ضبابا. أما إذا حدث الضباب في أثناء النهار فإن التسخين الذي

يصيب الطبقات السفلى قد يؤدي إلى قيام تيارات صاعدة من القوة بحيث تستطيع إذابة السحاب الطبقي، يساعدها في ذلك قدر صغير من حرارة الشمس يمتصه السطح العلوي السحاب. فإذا كان الهواء على درجة كبيرة من الاستقرار، وكان يحمل مقدارا كبيرا من الرطوبة، عمل هذا التسخين في الغالب على زيادة سمك السحاب.

وإذا بدأ ضباب الإشعاع في التجزؤ تحت تأثير حرارة الشمس، أو بفعل الريح، أو هما معا، فإنه يرتفع في أغلب الأحيان مكونًا سحابا طبقا مشققا واطنا في أثناء عملية الذوبان. فإذا حدث ذلك كان السحاب في العادة قصير الأجل.

وقد شاهد المؤلف بنفسه تكوين سحاب طبقي مشقق قصير الأجل في وادي نهر جاتنيو بالقرب من أوتاوا، وأخذ له صورة قدمها في هذا الكتاب (أنظر اللوحة رقم ٢٠). ففي هذا الوادي يكثر تكون الضباب الإشعاعي، وعلى الأخص في فصل الخريف، لكثرة ما يتسرب إلى الوادي من الهواء البارد. وقد كان الضباب، المشار إليه في الصورة، مقصورا على وادى النهر، وكان سمكه يتراوح بين ٧٠٠، ٨٠٠ قدم فرق سطح الماء. فما أشرقت الشمس حتى ارتفع الضباب من فوق الماء، و أصبح سحابا طبقيا مشقتا وواطنا جدا، ثم أخذ يتضاءل مع ارتفاع الشمس. فلما ارتفع الطبقي المشقق بحيث أصبح عرضة للرياح السائدة تمزق. حتى إذا بلغ ارتفاعه ٥٠٠ قدم فوق سطح الماء كان قد اختفى تماما، كما أنه في الوقت الذي بدأ فيه الضباب يرتفع، كان سمكه قد نقص إلى أقل من سمكه الأصلي، فأصبح ضبابًا ضحلا، ما يدل على أن الطبقي الشقق كان ولا شك يعاني من التبخر بينهما كانت تيارات الحمل ترفعه إلى مستوى الهواء الحان الذي يعلو فوق السطو مسافة صغيرة. فإذا كان

الضباب في الأصل أكثر سمكا، وأوسع مساحة، كان الطبقي أو الطبقي المشقق الناتج أطول أجلًا.

الخلط

وكثيرا ما ينشأ السحاب نتيجة للاختلاط الذي ينشأ بين الطبقات الجوية الدنيا. فإذا ما اشتدت الرياح السطحية إلى درجة ما، تولد في الهواء اضطراب يؤدي إلى الاختلاط التام في الهواء القريب من سطح الأرض. وقد أبان فون بتسولد أن الاختلاط بين جزأين من الهواء تختلف درجتا حرارتهما، قد يؤدي إلى تشبع الخطيط، أو حتى الوصول به إلى ما فوق التشبع. هذا بالرغم من احتمال عدم توفر حالة التشبع في أيهما قبل أن يبدأ الاختلاط.

كما أوضح بيترسن أن والاختلاط الأفقي، الذي يحدث في منطقة التحول التدريجي، لا يؤدي إلا إلى قدر ضئيل من التكاثف، حتى ولو كان بين كتلي الهواء في بادئ الأمر فرق كبير في درجة الحرارة، وكانت الرطوبة النسبية في بادئ الأمر عالية. ومن هذا نرى أن الخلط الأفقي لا يعتبر من العوامل الفعالة في تكوين الضباب. وعلاوة على ذلك فإنه يجدر بنا أن نذكر أن التشبع لن يتحقق بهذه الوسيلة إذا قلت الرطوبة النسبية في بادئ الأمر عن ٩٨ في المائة.

أما الاختلاط الرأسي فينشأ عنه قيام معدل إدياباتيكى لنقص درجة الحرارة مع الارتفاع، كما يسبب تساوي الرطوبة النوعية في طبقة الهواء المخلوط. فإذا لم يطرأ على ما يحتويه الهواء من الرطوبة والحرارة تغير ما أظلت كل من درجة الحرارة المتوسطة والرطوبة النوعية المتوسطة ثابتة.

وبذلك يعمل الخلط الرأي على خفض الرطوبة النسبية في الأجزاء السفلي من الطبقة المخلوطة، وزيادتها في أجزائها العليا. ومن هذا يتضح أن الخلط

الرأسي لا يعد عاملا في تكوين الضباب، ولكنه يعتبر عاملا من عوامل تكوين السحاب.

أما حدوث التكاثف أو عدم حدوثه في الأجزاء العليا من الطبقة المخلوطة، فيتعين بثلاثة عوامل : مقدار بخار الماء الذي تحويه الطبقة، والتوزيع الرأسي لدرجة الحرارة، وسمك الطبقة. فكلما زاد سمك الطبقة زاد مقدار التبريد، وزادت بالتالي فرصة التكاثف في الجزء العلوي من الطبقة. ويطلق على الارتفاع الذي يصل فيه الهواء إلى درجة التشبع اسم مستوى التشيع الخلطي، فإذا وجد انقلاب حرارى عند مستوى واطئ نوعًا ما، وكانت الرياح من القوة بقدر كاف، كان من الجائز أن تفرض أن الهواء الواقع تحت الانقلاب الحراري مخلوط خلطة تاما. وقد أوضح ميترسن أن مقدار الماء المتكاثف الناتج عن الخلط الرأسي ي كفي التكوين السحاب.

ويتحدد ارتفاع قاعدة السحاب الذي يتكون هذه الوسيلة بسمك. الطبقة المخلوطة ورطوبتها النسبية. فإذا كانت طبقة ضحلة، أو كانت ذات رطوبة عالية، أدى ذلك إلى تكوين سحاب طبقي أو طبقي مشقق على ارتفاع قليل. أما إذا كانت الطبقات التي تقع تحت مستوى التكاثف الخلطي عميقة أدى ذلك إلى تكوين سحب من النوع الطبقي أو الركام الطبق على مستويات أعلى وتنشأ السحب الطبقية الواطئة في أقوى صورها عندما يؤدي التبريد الإشعاعي إلى خفض كبير في درجة حرارة الهواء القريب من الأرض، وبالتالي إلى رفع رطوبته النسبية. إلا أنه لا بد أن يصحب هذه الظروف ريح قوية تكفي الخلاط الطبقات السفلي من الهواء. وقد شاهد المؤلف بنفسه في مطار أتاوا أن الرياح التي تبلغ سرعتها عند السطح ١٠ أو ١٥ ميلًا في الساعة، كافية لهذا الغرض، على أن أنسب وقت من النهار لحدوث الاختلاط، الذي يؤدي إلى

تكوين السحب، هو ما بعد الشروق بفترة وجيزة، و هو الوقت الذي تكون فيه الشمس قد سببت من التسخين ما يضفي على الهواء حركة رأسية تساعد الريح في إحداث الاختلاط بين الطبقات السفلي من الهواء. وقد وجد بالخبرة أنه في الإمكان تقدير الارتفاع الذي يتكون عنده السحاب الطبقي في هذه الظروف تحديدا دقيقة إلى درجة مقبولة. فإذا، هـ ن التوزيع ال أسي لدرجة الحرارة توزيع اديابانيكى، وأخذنا في الاعتبار كلا من درجة الحرارة ونقطة الندى عند سطح الأرض، فإنه من السهل الحصول على ارتفاع مستوى التكاثف الخلطي على وجه التقريب. ولنضرب لذلك مثلا بصحة التنبؤ عن سحاب نكون على ارتفاع ٤٠٠ قدم عندما كان الفرق بين درجة الحرارة و نقطة الندى على سطح الأرض درجتين فهرنهايث، وكانت سرعة الريح حوالى ١٥ ميلًا في الساعة.

على أنه إذا أرتفعت الشمس، أدت حرارتها في الغالب إلى تسخين الهواء تسخينًا يكفي لتبخير السحاب. ولهذه العملية بالذات أثرها عندما يكون السحاب رقيقا إلا أنه إذا كانت الرطوبة النسبية للهواء عالية في مدى واسع من الارتفاع فوق سطح الأرض فإن الحرارة الإضافية التي تصل من الشمس تسبب مزيدًا من الخلط الذي يؤدي إلى زيادة سمك السحاب الطبقي إلى حد يسمح له بالبقاء طوال اليوم ومن اليسير أن يتوفر هذا الشرط في القطاع الدافئ. أما إذا تكون السحاب الطبقي بالخلط في أثناء الليل كان من المتوقع أن يزيد سمك السحاب نتيجة للتبريد الإشعاعي الذي يصيب سطحه العلوي.

إضافة بخار الماء

يجوز أن يتكون السحاب نتيجة لإضافة بخار الماء إلى الهواء الذي قد يزيد ما يحتويه من البخار تبعا لذلك إلى أقصى ما يستطيع حمله عند درجة الحرارة السائدة فيه. وقد تعمل إضافة بخار الماء في نفس الوقت مع الخلط فنشترك

العمليتان معا في تكوين السحاب. وقد تعمل أيضًا في نفس الوقت الذي يعمل فيه كل من الرفع التلي.

أما إضافة بخار الماء فتأتي من تبخر قطيرات الماء الساقطة من السحاب، والتي تأخذ حرارتها الكامنة من الهواء. فإذا تكون سحاب في المطر بهذه الوسيلة ظل قائما ما دام الهواء مستقرا وعلى درجة كبيرة من الرطوبة. وقد يظل قائمًا بعد أن يقف هطول المطر بفترة طويلة، فإذا كانت الريح متوسطة الشدة، وكان الخلط تاما في الطبقات السفلى من الهواء تكون في المطر عادة طبقات من سحاب طبقي أو طبقي مشقق على هيئة طبقة منتظمة. أما إذا قلت سرعة الريح، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى الحد من شدة الخلط، تكونت في المطر مجموعة من السحب لإنظام في ترتيبها، ولا توافق في ارتفاعاتها.

فإذا هبطت سرعة الريح عما يلزم لتكوين السحاب هيأ ذلك فرصة طيبة لتشبع الهواء القريب من سطح الأرض بإضافة بخار الماء إليه، الأمر الذي يؤدي إلى تكوين الضباب. كما أن السحاب الطبقي الذي يتكون في المطر، نتيجة لزيادة الماء الذي يحمله الهواء، قد يمتد إلى أسفل مكونا ضبابا. ويتوقف لزيادة الماء الذي يحمله الهواء، قد يمتد إلى أسفل مكونا ضبابا. ويتوقف الارتفاع الذي يتكون عنده السحاب الطبقي على قوة الريح، وطبيعة المنطقة المعنية، وعلى ما يحتويه الهواء من رطوبة، فإذا كان الخلط تاما توقعنا أن تكون قاعدة السحاب على مستوى التكاثف الخلطي.

على أن الخلط ليس هو العامل الوحيد الذي يشترك مع إضافة بخار الماء في تكوين السحاب في المطر. يؤيد هذا الرأي ما شاهده الكاتب بنفسه في هذا الصدد. فقد شاهد سحابا يتكون في المطر فوق وادي نهر جاتينو. شاهده من نقطة تقع على الجانب الغربي للنهر فظهرت وراء السحاب أرضية من الأشجار

القائمة على التل على الجانب الشرقي للنهر. ولما كانت الريح تهب من الشرق فإن نقطة المشاهدة كانت مواجهة للجانب الخلفي من التل بالنسبة للريح، وكان الهطول في ذلك الوقت عبارة عن مطر مستمر يتراوح بين الخفيف والمتوسط، فشوهد تكون بعض السحب الفرجونية الرقيقة تعلو واحدا بعد الآخر من بين الأشجار. إلا أنه لم يكن في الإمكان مراقبة هذه الحزم الفرجونية مراقبة دقيقة بعد أن أصبحت فوق الأشجار التي كانت على منحدر التل حتى قمته. ومع ذلك فقد كانت تبدو صاعدة في اتجاه يكاد يكون رأسيا حتى وصلت إلى أعالي الأشجار، أو إلى أعلى من ذلك بقليل. كما كان يبدو عندئذ، بالرغم من عدم إمكان مراقبة الحركة بعد ذلك، أن الحزم الفرجونية التي تكون السحاب الطبقي المشقق أخذت تتداخل مع السحاب الطبقي الرئيسي الواطئ الممزق الذي بلغ امتداده إلى أسفل حتى ٥٠ قدما فوق قمة التل وقد قدر ارتفاع هذا الطبقي الممزق بحوالي ٤٠٠ قدم أعلى نقطة المشاهدة التي كانت تنخفض كثيرًا عن قمة التل. أما المطر فكان يهطل من مزن طبقي يحجبه السحاب الطبقي تماما. وقد شوهدت الحزم السحابية تمتد إلى الخارج كلما ارتفعت وبعدت عن الجانب الخلفي من التل (بالنسبة للريح) بما يكفي لأن تتأثر بالريح. وهنا يجوز أن نتساءل عما إذا كانت تلك الحزم السحابية تكونت في بادئ الأمر على صورة ضباب نشأ بين الأشجار، ثم ارتفع مع الريح الصاعد على التل، أو تكونت في الهواء الرطب الصاعد الذي دفعته الرياح إلى أعلى. وعلى أية حال فمهما كان السبب فإن هذا الجزء بالذات من السحاب قد جاء من أسفل، فلم يتكون عند قمة الطبقة المخلوطة من الهواء. وقد كان مقدار السحاب الذي شوهد في أثناء تكوينه في الواقع صغيرًا جدا إذا قورن بالسحاب الكلي. ومن هنا يجئ الشك فيما إذا كانت هذه العملية من العوامل المهمة التي تؤدي إلى تكوين السحب الواطئة في المطر.

وفي اليوم التالي وفي نفس المكان، شاهد المؤلف تكون سحاب من نفس النوع. وكان المطر يتساقط في هذه المرة على شكل رذاذ يتأرجح بين الخفيف والمتوسط، من سماء يكسوها سحاب طبقي على ارتفاع ٥٠٠ قدم من نقطة المشاهدة. فلما انقضى النصف الأول من النهار أصبح الرذاذ متقطعا، كما شوهد أن السحاب لا يتكون إلا في الوقت الذي يتساقط فيه المطر.

وقد كانت الرياح وقتئذ شمالية خفيفة تكاد في اتجاه مجري النهر. وقد شوهد أنه كلما تكون سحاب طبقي مشقق جديد صعد ببطء وانساب مع الريح في أثناء صعوده وظهر شريط منها بالقرب من قمة التل يظل قائما لما يقرب من عشر دقائق، مما يدل على أن الرياح الصاعدة فوق التل لم تكن قوية، الأمر الذي لا يستبعد في مثل هذه الظروف لقلة ما يصل إلى الأرض من حرارة الشمس بسبب وجود السحاب الكثيف الذي كان يعلو المنطقة.

كما شاهد المؤلف في فرصة أخرى، في يوم هطلت فيه رخات من المطر، عندما كان يطير داخل كولومبيا البريطانية، شاهد عندئذ عملية من عمليات تكوين السحاب، أثارت كثيرًا من اهتمامه. فقد شاهد وقتئذ عددًا كبيرًا من أشرطة السحاب الرأسية تمتد من الأرض حتى حوالى ١٠٠ قدم، كما شاهد كثيرا من السحب الطبقية المشققة تتكون بالقرب من الرخات على ارتفاع ١٠٠ قدم وما دون ذلك.

وإنه لمن الأهمية بمكان عن دراسة تكوين السحب الواطئة في المطر أن نفكر فيما إذا كان من الصواب أن نفرض أن تبخر قطرات الماء بسبب للهواء من التبريد ما يكفي لمساهمة بنصيب وافر في توصيله إلى درجة التشبع، فما لا شك فيه أن هذه الوسيلة تدخل ضمن العوامل التي تساعد على تكوين السحب، ولكنا لا زلنا في حاجة إلى التحقق من أهميتها.

ويتكون السحاب أيضًا برفع الضباب الذي يعرف نوعه باسم ضباب البخار، وهو نوع من الضباب الذي ينشأ فوق سطح الماء عندما يكون الهواء الذي يعلوه أبرد منه، وخاصة في الخريف وفي الصباح فإذا رفع هذا الضباب البخاري بفعل الرياح، أو برفع التيارات الصاعدة الحرارية، أو بكلتيهما معا، تكون منه سحاب واطئ وكثيرًا ما تكون هذه الوسيلة سببا في تكوين السحب الطبقية بالقرب من البحيرات العظمي في أثناء الخريف والشتاء المبكر. وقد يبقي السحاب الذي يتكون بهذه الوسيلة الماء، فوق أو قد تدفعه الرياح إلى الأراضي الداخلية. على أنه قد لا يتحول إلى سحاب إلا بعد أن يكون قد دفعته الرياح إلى الأرض الداخلية أنه فعلًا.

ويتوقف أجل بقاء السحاب الطبقي الذي يتكون بهذه الوسيلة بعد أن جرفته الرياح بعيدًا عن مصدره الأصلي، يتوقف أجله على مقدار ما تحويه كتله الهواء من رطوبة، وما تكون عليه من درجة الاستقرار. وكثيرًا ما يحدث في أثناء الخريف، وبعد ليلة صافية، فوق البحيرات الصغرى، أن يشاهد عمود صاعد من الضباب البخاري، يتسع عند نهايته ليصبح على هيئة عش الغراب. على أن هذا الضباب البخاري يتحول كله أو بعضه إلى كتلة صغيرة من سحاب طبقي أو طبقي مشقق، يتضاءل عادة في الصباح المبكر نتيجة لتسخين سطح الأرض، وما يتبع هذا من قيام التيارات الصاعدة.

فالهواء في أغلب الأحيان لا يحوي قدرا كبيرًا من بخار الماء، الأمر الذي يسهل معه تبخر السحب دون الحاجة إلى كثير من الحرارة. فليست للأنهار سطوح مائية متسعة تكفي للإسهام بنصيب وافر في عملية تكوين هذا الضباب، وما يمكن أن يتحول إليه من سحاب ولذلك كان الضباب البخاري الذي يتكون فوق المياه الجارية المكشوفة، في الطقس الشديد البرودة، ضبابا

قصير الأجل، بحيث يعجز عن التحول بتاتا إلى سحاب. فإذ تكون ضباب فوق مجري نهرها، كان الفضل في ذلك للوادي الذي يعمل على تجميع الهواء البارد فيه. وبذلك يكون الوادي، لا النهر، هو المسئول الأول عن تكون هذا الضباب، وما يتبع ذلك من تكون السحاب.

الأشكال التي تتخذها السحب

لم نصل بعد إلى التحقق التام من الأسباب الحقيقية التي تؤدي بالسحب إلى اتخاذ الأشكال التي تظهر فيها. فهذه الأشكال لابد أن تكون نتيجة لأنظمة خاصة أو تشكيلات معينة في التحركات الجوية.

وقد تعرض لنا السحب كل التحركات الهوائية أو بعضًا منها. ويتوقف ذلك على ما يحتويه الهواء من رطوبة فإذا كانت هذه الرطوبة من الوفرة بحيث ينشأ التكاثف في طبقة عميقة ساعد هذا على عرض النظام الكامل لتحركات الهواء.

وقد سادت لفترة طويلة، النظرية التي تفرض أن أمواج هلمهو لنز الجذبية هي المسئولة عن أشكال السحب. وكان المعتقد أن أمواج الجاذبية تنشأ عند السطح الفاصل بين طبقتين من الهواء تختلفان فيما بينهما من حيث الكثافة. وقد أيدت هذه النظرية كثرة ما يوجد من طبقات السحب عند سطوح الانقلابات الحرارية كما أنها تتفق إلى حد كبير مع ما يشاهد من الأشكال التي تتخذها السحب الركامة الطبقية الموجية الشكل، وخاصة ما يعرف منها بالركام الطبقي. كما أن لبعض السحب الركامة الطبقية الموجية شكلا موجيا في غاية الوضوح، يمتاز بقممه القصيرة وقيعانه الطويلة الضحلة في سطحها السفلي، وبقممه الطويلة وقيعانه الحادة القصيرة على سطحه العلوي. والمفروض أن هذه الأمواج تتكون عمودية على اتجاه الريح.

ووضعت بعد ذلك نظرية أخرى تعرف بنظرية الأمواج المتقاطعة لتفسير أشكال بعض السحب. إلا أن من العب الاعتماد عليها، إذ أن الفرض لا يبدو ممكنًا إلا إذا كانت إحدى مجموعتي الأمواج قد نشأت في الأصل في مكان بعيد تختلف فيه الرياح عنها في المكان الذي تظهر فيه السحب المعنية. ومع ذلك فإنه يبدو من المحال أن تستطيع هذه الأمواج التي تكونت بهذه الوسيلة أن تبقي فترة يكفي طولها لتكوين صورة من السحب بتقاطعها مع مجموعة أخرى.

وقد ذكر السير جلبرت ووكر أنه في الإمكان تفسير أشكال السحب تفسيرًا صحيحًا دون أي ذكر لنظرية أمواج هلمهو لتز الجذبية. فقد فرض في نظريته أن السحب تتخذ أشكالها نتيجة لنظام معين تتبعه تحركات الهواء، أشبه بنظام الخلايا. وفي كل منها تيار صاعد في الوسط، وتيار هابط عند الأطراف فلكل خلية إذن قلبان يدوران في اتجاهين متضادين.

وتتأيد هذه النظرية تأييدًا قويًا إذا نظرنا إلى الأشكال التي نفرضها بعض السحب الطبقية، وخاصة الركامة المتوسطة الليلية. فالفتحات التي تظهر في السحاب يمكن أن تعزي بكل طمأنينة إلى التيارات الهابطة على جوانب الخلايا.

وقد أجريت بعض التجارب في المعمل لدراسة أشكا السحب وذلك باستخدام الدخان دليلا للكشف عن تحركات الهواء إلا أنه يبدو أن صحة تطبيق نتائج هذه التجارب على الجو أمر مشكوك فيه.

فالجهاز المستخدم من الصغر بحيث لا يصلح لتمثيل ما يجري في الهواء الجوي، كما أن المعمل يخلو من كثير من العوامل الجوية التي تسبب كثيرًا من التعقيد. وهذان اعتراضان من الوجاهة بمكان. ومن هذا التعقيد ما يحدث في الجو من تكاثف وتبخر وتسام، وما يصحب هذا وذاك من تبادل حراري. وعلاوة على ذلك فإن مركبات السحب تختلف في طبيعتها عن دقائق الدخان

المستخدم داخل الجهاز. وعلى ذلك فليس هناك ما يضمن لنا أن ما يجري على قطيرات الماء وبللورات الثلج، التي يتركب منها السحاب، يشبه ما يجري على دقائق الدخان الذي يحتويه الجهاز المعملي إلا أنه مما لا شك فيه أن هذه التجارب تصلح فعلا لتوضيح الطريقة التي يمكن أن يتبعها الهواء في تحركاته تحت ظروف معينة، ولكنه يبدو من الخطورة بمكان أن نطبق النتائج إلى أبعد من هذا.

ويدل شكل السحب القلعية على وجود عناصر حملية، يقل اتساع مقاطعها العرضية عن ارتفاعاها، وتتكون أبراجها عادة بسرعة كبيرة. وتنشأ السحب القلعية عند ما يصل الهواء إلى حالة عدم الاستقرار المشروط. فهو لهذا من أهم الوسائل التي تهيئ لنا دراسة الأحوال الجوية في الطبقات العليا بطريق غير مباشر.

وللسحب الثديية بأشكالها المميزة أهمية كبرى وقد وضعت لتفسير تكوين هذه السحب نظريات تختلف فيما بينها اختلافا جوهريا. فقد ثبت أن هذه السحب لا تنشأ إلا إذا بلغ الهواء درجة عظيمة من عدم الاستقرار. كما أنها تكاد تكون مصحوبة بالعواصف الرعدية.

وتظهر الأثداء على المزن الركامى في الجانب السفلي للسندان، كما تظهر في كثير من الأحيان على الجانب السفلي من الأجزاء البارزة من جوانب السحاب.

وقد اقترح همفري نظرية لتفسير تكون هذه السحب، فرض فيها أنها تنتج عن بروز بعض المناطق الثلجية في الجزء العلوي من مزن ركامى يقع فوق سحاب طبقي. فينشأ عن هذا قيام بعض تيارات هابطة في رقع معينة تسبب ظهور تلك البوارز في قاعدة السحاب الثديي.

ويفسر ويجيز شكل هذا النوع من السحاب بافتراض الأمواج الجذبية، فإذا ما اتسعت رقعة سحاب صاعد، مثل المزن الركامى، بفعل الحرارة الشديد. أدي ذلك إلى خلق ظروف يكون فيها الهواء الواقع تحت الجزء المتسع من السحاب أكثر جفافًا وبرودة من هواء السحاب ذاته. فينشأ عن ذلك سطح فاصل بين كثافتين مختلفتين، مما يؤدي إلى تكون الأمواج. وقد تبلغ قوة اندفاع السحاب المزن الركامى في أثناء صعوده حدًا يكفي لرفع سطح الانقلاب الحراري. وبهذا يخرج الهواء الصاعد عن حدود توازنه المعتاد، فتؤدي تحركاته إلى أسفل إلى ظهور الانتفاخات على السطح السفلي للسحاب.

كما قدم بير كنز نظرية أخرى لتكوين السحاب الثديي، أفترض فيها أن الهواء البارد الهابط ينزلق على السطح السفلي للسحاب الذي نحن بصدده، وينتج عن هبوط هذا الهواء رفع درجة حرارته إلى الحد الذي يصبح فيه أدفأ من هواء السحاب الذي يعلوه مباشرة. فيأخذ هواء السحاب البارد في التسرب إلى أسفل على هيئة انتفاخات، تعم بفعل الاحتكاك على وقف هبوط الهواء البارد في المنطقة الملاصقة لسطح السحاب. ويؤدي هذا إلى قيام نوع من التوازن الزائف.

السحاب الاصطناعي

السحاب الاصطناعي، أو الأثر التكاثفي، نوع من السحاب ينتج عن مرور طائرة في الهواء تحت ظروف معينة، إذ ينشأ عن مرورها أثران لكل منهما نظير في العوامل الرئيسية لتكوين السحب، هما تبريد الهواء وإضافة بخار الماء. وهذان الأثران يكفيان لإحداثالتكاثف أو التسامي، وبالتالي إلى تكوين السحاب ويلزم لتحقيق هذه النتيجة أن يكون الهواء قريبا جدا من درجة التشبع. فإذا انطلقت طائرة في الهواء تكونت عند أطراف جناحيها ومراوحها

دوامات ينخفض فيها الطائرة، الأمر الذي يؤدي إلى برودة الهواء إلى درجة تكفي لإحداث التكاثف والتسامي. إلا أن السحاب الذي يتكون بهذه الوسيلة لا يستطيع أن يبقي طويلا، ولهذا كان هذا النوع من السحاب صغيرا للغاية.

ويحوي العادم الذي يخرج من المحرك أو المحركات قدرا من بخار الماء، يعمل على زيادة رطوبة الهواء، الذي قد تصل بهذا إلى ما يكفي لحدوث التكاثف والتسامي. ويستطيع السحاب الذي يتكون بهذه الوسيلة أن يبقي فترة أطول مما يستطيع السحاب الذي كونته دوامات أطراف الجناحين والمراوح. فقد يبقي سحاب من هذا النوع فترة تطول إلى حوالى ٣٠ دقيقة.

وفي كل من الحالتين، لا يحوي الهواء من بخار الماء إلا ما يكفي لتكوين سحاب لا يلبث أن يتبخر بعد فترة طويلة أو قصيرة. فإذا حدث هذا عند سطح الأرض تكون ما يسمي الضباب االاصطناعي، وهو ما يحدث بين حين وآخر في درجات الحرارة المنخفضة عند ما تزيد الرطوبة النسبية للهواء في الطبقات السفلي.

٤- نوى التكاثف والتسامي

تتأثر التغيرات التي تطرأ على حالة الماء الموجود بالهواء الجوي، والتي تؤدي إلى تكوين السحاب، تتأثر إلى حد كبير بأعداد نوى التكاثف والتسامي وأنواعها.

فلما بدأ العلماء دراسة التكاثف الذي يؤدي إلى تكوين السحب، لم يخطر ببالهم عندئذ أن للنوي دورها الخطير في هذا المجال، حتى كانت سنة **١٨٧٥** عندما ذكر كوليبه وماسكار أنه لابد من وجود النوي لإنتاج الضباب والسحاب. ثم جاء إيتكن في عام **١٨٨٠** فقدم لنا نتائج أبحاثه في هذا الموضوع، حيث استخدم لفظ "الغبار"، إلا أنه كان يعلم أن من النوي ما يتميع ومنها مالا يتميع.

فإذا أدخل الهواء في غرفة، ثم أجريت على الغرفة عملية التمدد الحجمي، تكون في الغرفة ضباب ينتج عن التبريد الذي سببه هذا التمدد فإذا تكررت عملية التمدد عدة مرات. على نفس الهواء، شوهد تناقص في مقدار الضباب بتكرار عملية التمدد. كما أنه إذا أمر الهواء في مرشح من القطن المضغوط قبل إدخاله إلى الغرفة شوهد عدم تكون الضباب في هذه الحالة.

ويدل التناقص المتتالي في مقدار الضباب في الحالة الأولى على "استنفاد" عدد من النوى في كل مرة تجري فيها عملية التمدد. أما عدم حدوث التكاثف بعد ترشيح الهواء في الحالة الثانية فدليل على إمكان حجز النوي الفعالة بوساطة مرشح آلي. إلا أن الهواء يعود إلى مقدرته الأولى على تكوين الضباب إذا أدخل الدخان في الغرفة، سواء كان الهواء المستنفد في الحالة الأولى، أو

الهواء المرشح في الحالة الثانية.

وتقتضي نظرية التكاثف بدون النوي، والذي يعرف "بالتكاثف الجزيئي"، تقتضي أن تنضم أعداد من جزيئات الماء حتى تتكون منها قطيرات الماء. إلا أن سمسون يعترض اعتراضًا قويًا على هذا النوع من التكاثف، فلما كان قطر جزئ الماء ٤×١٠–٨سم، كان من اللازم أن يتجمع ٥٠٠ جزئ لتكوين قطيرة واحدة قطرها ١٠–٦ سم. على أنه من المستبعد أن يجتمع هذا العدد الكبير من الجزئيات بطريق الصدفة. حتى إذا تكونت قطرة ما بهذه الوسيلة، فلابد أن تتطاير في أي جو تقل فيه درجة ما فوق التشبع عن ٢٦ في المائة. أما إذا وجدت النوي فلن يلزم للتكاثف عليها سوي درجات قليلة من درجات فوق التشبع.

وقد أضاف بعض علماء الفيزياء إلى هذه النظرية أن الأيونات المتوفرة في الجو تساعد على التكاثف، حتى إذا خلا الجو من النوي الأخرى. فقد وضع لانجفان نظرية لم تنشر، فرض فيه أنه إذا حدث تكاثف البخار عند توفر درجة عالية من درجات فوق التشبع، ثم تلا ذلك تبخر نتاج هذا التكاثف، بقيت بعض القطيرات التي تبلغ أقطارها بضع مئات من الميكرون. وتشير نظرية لانجفان إلى أن هذه القطيرات الباقية تستطيع عندئذ أن تسبب التكاثف عند درجات أقل بكثير من درجات فوق التشبع. ويقول ولسون في هذا الصدد أن تبخر السحاب الذي ينتجه التكاثف الأيوني في الهواء النقي يترك وراءه بعض النوي الخالية من الشحنة، التي ليست سوى قطيرات من الماء النقي. ويقترح البعض أن هذه النوي قد يكون لها دخل في تكون السحب الواطئة.

وقام ولسون بتأيين عينة من الهواء، سبق أن جردها من نوى التكاثف العادية التي تسبب تكاثف البخار عند درجات التشبع المألوفة.

وكانت وسيلته في تأيين الهواء أشعة إكس. وقام بعد ذلك بإجراء عملية التمدد المفاجئ على هذه العينة من الهواء، فلم يظهر فيها أي أثر التكاثف إلا بعد أن وصل التمدد إلى النسبة التي انخفضت فيها درجة الحرارة بمقدار ْ٢٥م، وزادت فيها الرطوبة النسبية إلى ٤٢٠ في المائة. وكان التكاثف في هذه الحالة على الأيونات السالبة الصغيرة التي كانت بمثابة نوي التكاثف. أما الأيونات الموجبة الصغيرة فقد لزم أن تزيد نسبة التمدد إلى ما يكفي لخفض في درجة حرارة الهواء مقدار ْ٣٠م، وبذا ترتفع الرطوبة النسبية إلى ٦٠٠ في المائة حتى تكون هذه الأيونات الموجبة نوى فعالة للتكاثف. وقد أدت بعض الأبحاث الأخرى إلى أن التكاثف على الأيونات الموجبة يستلزم رطوبة نسبية تبلغ ٧٩٠ في المائة، وتنتج عن تمدد تصل نسبته إلى ١,٣٨ أو ١،٤.

وكانت هذه نتائج أجريت تجاربها في المعمل. أما في الجو فهذه الأيونات الصغيرة موجودة باستمرار، ولو أن أعدادها تتغير ولاشك مع المكان والزمان. فهي تتراوح بالقرب من سطح الأرض حوالى ١٢٠٠ نواة في السنتيمتر المكعب من الهواء، حيث يزيد عدد الأيونات الموجبة قليلا على الأيونات السالبة. وقد صمدت نظرية ولسون- جردين الخاصة بالتكاثف الأيوني فترة من الزمن، إلا أنها أهملت بعد ذلك، وكان كوب يعتقد في ضرورة وصول الهواء إلى قدر كاف من درجات فوق التشبع حتى يحدث التكاثف الأيوني عند رءوس السحب الركامة، مما أضفي على النظرية قدرًا كبيرًا من الاهتمام. على أن هذا الرأي في غاية الوجاهة بسبب الأهمية العظيمة للعمليات الفيزيائية التي تحدث في قمم السحب ذات النمو الرأسي، حيث نتوقع أن يؤدي الانخفاض في درجة الحرارة، بما يلزم منه لحدوث التكاثف الأيوني، إلى التسامي بدلا من التكاثف.

وهذا ما يدعونا إلى التساؤل عما إذا كانت الأيونات تصلح أو لا تصلح

للعمل بمثابة نوى للتسامي.

على أن ندرة حدوث أي درجة من درجات فوق التشبع في الجو يجعل من المستبعد أن يصل الهواء الجوي إلى الدرجات الهائلة من درجات فوق التشبع التي يستلزمها التكاثف الأيوني وعلى هذا فمن غير المحتمل أن يكون للتكاثف الأيوني أية أهمية في تكوين السحاب.

طبيعة النوى

من المعروف أنه لابد من وجود نوع ما من نوى التكاثف حتى يتحقق هذا التكاثف دون الوصول إلى درجة هائلة من درجات فوق التشبع. أما طبيعة هذه النوى فهو الموضوع الذي يستحق أعظم اهتمام، فهو موضوع تعرض لكثير من المناقشات والآراء المتضاربة.

ولا يبدو أن الدقائق التي لا تتبيع تقوم بنصيب مرض كنوي للتكاثف. وقد قام فيجان في عام١٩١٣ بفحص عدد من أنواع ذرات الغبار غير القابلة للتميع. وكان يهدف بهذا إلى تعيين صلاحيتها للعمل كنوى للتكاثف. فعين عدد النوي التي تحويها عينة من الهواء باستخدام عداد إيتكن، ثم أضاف إليها ذرات مختلفة من الغبار، مثل غبار الفحم، وغبار الأرض، والغبار الذي يتطاير من السجاد عند ضربة، فلم يلحظ زيادة محسوسة في عدد نوى التكاثف، مما يدل على أن ذرات الغبار غير القابلة للتميع لا تصلح نوي فعالة للتكاثف. وفي عام ١٩٢٦ قام بويلان بإجراء بعض التجارب المماثلة، فجاءت نتائجه مؤيدة لما حصل عليه فيجان من قبل.

وترى الدقائق الكبري، من هذا الغبار غير المتميع، في الهواء عند ما تعترض طريق الأشعة الشمسية. وهي موجودة في الجو بنسبة صغيرة وتدل

النتائج التي نشرها فيجان وبويلان على أن هذه الدقائق لا تسهم في عملية التكاثف، حتى ولو وصل الهواء إلى درجة محسوسة من فوق التشبع.

إلا أنها قد تلتقطها عناصر الهطول الساقطة بطريقة ميكانيكية بحتة. وقد يحدث في الأحوال النادرة أن يلتقط الهطول أعدادًا كبيرة منها تكفي لأن تضفي على الهطول بعض الألوان. وتعرف ظاهرة المطر الملون بأسماء شعبية مختلفة منها "مطر الدم" الذي أشير إليه في كتاب "الإلياذة" باسم "قطرات المطر الدموية".

أما الدقائق الصغرى من هذا الغبار غير القابل للتميع، فيبدو أنها ترتفع بفعل الهواء إلى ارتفاعات شاهقة في الجو لتبقي عالقة هناك لفترات طويلة من الزمن. ويبدو أنه من المعقول جدًا أن نفرض أن هذه الدقائق تعمل بمثابة نوي للتكاثف تتكون عليها مقومات السحب البللوية الثلجية.

ما تعترض طريق الأشعة الشمسية. وهي موجودة في الجو بنسبة صغيرة وتدل النتائج التي نشرها شيجان و بويلان على أن هذه الدقائق لا تسهم في عملية التكاثف، حتى ولو وصل الهواء إلى درجة محسوسة من فوق التشبع. إلا أنها قد تلتقطها عناصر الهطول الساقطة بطريقة ميكانيكية بحتة. وقد يحدث في الأحوال النادرة أن يلتقط الهطول أعدادا كبيرة منها تكفي لأن تضفي على الهطول بعض الألوان. وتعرف ظاهرة المطر الملون بأسماء شعبية مختلفة منها ومطر الدم، الذي أشير إليه في كتاب الإلياذة "باسم : قطرات المطر الدموية".

أما الدقائق الصغرى من هذا الغبار غير القابل للتميع، فيبدو أنها ترتفع بفعل الهواء إلى ارتفاعات شاهقة في الجو لتبقى عالقة هناك الفترات طويلة من الزمن. ويبدو أنه من المعقول جدا أن نفرض أن هذه الدقائق تعمل بمثابة نوى التكاثف تتكون عليها مقومات السحب الدورية الثلجية. وهنا نتساءل عما إذا كانت هذه الدقائق غير القابلة للتميع تصلح نوى التسامى، في حين أنها لا

تصلح نوي للتكاثف. ويبدو أن هذا الظن قوى الاحتمال، و يجب ألا يؤخذ عدم تميعها أساسا لنفي صلاحيتها العمل كنوى ضالة.

ومن الاحتمالات الهامة، بصدد عمل النوى غير القابلة للتميع، ما يوحي به اختلاف ضغط البخار باختلاف أشكال سطوح السائل. فمن المعروف أن ضغط البخار فوق سطح محدب، كما هي الحالة في سطوح القطيرات المائية، أعلى منه عند السطح المستوى النفس السائل في درجة الحرارة الواحدة. كما أن ضغط البخار فوق السطح القمر أقل منه عند السطح المستوى. فإذا كانت النواة غير المتميعة على هيئة ذرة جامدة مسامية كانت سطوح الماء الذي تحويه خواتا سطوح خالصة مقمرة ينخفض ضغط البخار فوقها، مما يوحي بأن المواد غير المتميمة ذات المسام تصلح لإنتاج نوى فعالة.

وقد نشر يونج في عام **١٩٣٩** بعض الآراء الثورية عن النوى غير المتميعة، بين فيها أنه كان قد نجح في الحصول على تكاثف على ذرات من أنواع مختلفة من الغبار غير المتميع. منتها غبار الفحم، و تراب الأرض، ومسحوق الصنفرة، ومسحوق الطمي، و غبار الأرضية. كما أمكن الحصول على تكاثف على قطرات صغيرة جدا من زيت البرافين الثور. وقد وجد أنه يلزم أن تصل هذه القطيرات الزيتية إلى درجة كبيرة من الصغر قبل أن تصلح للعمل كنوى للتكاثف. وبذا وصل يونج في دراسته لهذه الظاهرة إلى أن قدرة أية دقيقة على العمل كنواة للتكاثف لا تتوقف على المادة التي تتركب منها الدقيقة. إلا أنه لم يذكر صراحة ما إذا كانت جميع المواد سواء في صلاحيتها كنوى للتكاثف، أو ما إذا كان بعضها يقتضى درجة من فوق التشبع أعلى ما يقتضيه البعض الآخر.

وللمواد المتميمة قدرة على اجتذاب الماء جذبا كاويا يساعد على تكاثف

بخار الماء عليها دون غيرها، على أن هذا الاجتذاب نفسه يستطيع أن يؤدي إلى التكاتف في يصل حتى إلى درجة التشبع. ويبدو أن المواد المتميعة على العموم تتصف بقدرة على العمل كنوى. للتكاثف تزيد على ما تتصف بها المواد غير المتميعة.

وقد قام الباحثون بتبخير قطرات السحب بغية الحصول على معلومات صحيحة عن نوى التكاثف. إلا أنهم لم يتمكنوا حتى الآن من العثور على اثر لها، حتى مع استخدام أقوى الميكروسكوبات.

وتكون النوى المتميعة في أغلب الأحيان على صورة قطيرات من محلول ما. فقد أبان اللورد كالفن أن ضغط البخار، فوق قطرة مائية في حالة اتزان مع الوسط المحيط بها، أكبر منه فوق سطح مستو من الماء، بحيث يتناسب هذا الفرق في ضغط البخار تناسب عكسيا مع نصف قطر القطرة. وعلى ذلك يزيد ضغط البخار على سطح قطرة ما عن ضغط البخار المشبع للسائل الذي تنتمي إليه القطرة، إذ أن هذا الضغط المشبع يعرف بأنه الضغط فوق سطح مستو. ولذا كان من الضروري أن يزيد ضغط البخار في المنطقة المحيطة بالقطرة على ضغط التشبع إذا أريد القطرة أن تبقى دون تبخر. فإذا أريد أن يحدث التكاثف فوق القطرة وجب أن يصل ضغط البخار إلى ما فوق التشبع بكثير. أما ضغط البخار فوق سطح محلول ما فهو أقل منه فوق الماء النقي عند درجة الحرارة الواحدة. ولذلك كان المحلول قابلا للتميع، يمتص بخار الماء من الهواء المحيط به، فتخف درجة تركيزه تبعا لذلك. ومن هذا نرى أن قطيرات المحاليل التي يحملها الهواء يمكن أن تكون نوى صالحة للتكاتف. وإذا تعرضت دقائق المواد المتميعة لهواء يحمل قدرة كافية من الرطوبة أصبحت قطيرات من المحلول.

وقد افترض أن تكون نوى التكاثف في بادية الأمر من المواد الغازية. وقد

فرض في هذه النظرية أن النوي نتركب من أكسيدات تحد مع بخار الماء الجوي لإنتاج نوي على صورة قطرات حامضية لها صفة التميع. ويعزى وجود هذه الأكسيدات في الجو إلى فعل ضوء الشمس في الغازات الجوية، وإلى تلوث الجو نتيجة لاحتراق الفحم ومختلف العمليات الصناعية.

ومن المحتمل جدا أن توجد في الجو نوى للنساي تختلف اختلافا بينا عن نوى التكاثف. وفي ذلك يقول برجيرون ويتطلب التبلور من الناحية النظرية، أي تحت ظروف مستقرة مثالية، مزيدا من خواص

معينة فوق خاصية التكاتف (أن تكون النوى دقائق جامدة لها زوايا بمجموعة البللورات السداسية). أي أن التبلور لن يحدث ما لم يوجد هذا النوع من النوى. إلا أنه يحتمل مع ذلك أن يكون في الهواء قدر صغير من هذه الدقائق التي تستطيع بالتدريج أن تدخل ميدان العمل كنوى للنساى كلما انخفضت درجة الحرارة،.

ويبدو أنه أمر معقول جدا أن نفرض أن عملية التسامي تقتضي وجود نوى تختلف خواصها عن نوى التكاثف، كما يبدو أن نوعا من الدقائق غير القابلة للذوبان، هو أصلح الدقائق للتسامى. فإذا كانت النوي الموجودة فعلا عبارة عن قطيرات من محلول ما فإنها لن تصلح قطعا للتسامى، واعتبر على سبيل المثال نواة تتركب من بللورة من الملح

جاءت من البحر، وتكاثف الماء عليها. تحيط هذه البلورة نفسها محلول المشبع من الملح لا يتجمد بسهولة، فإذا لم يحدث التجمد قبل أن تذوب النواة بأكملها، فلن يكون ذلك ممكنا فيما بعد، إذ أنها ستبقى في حالة تحت التبريد عندما ينعدم وجود دقيقة جامدة تساعد على التجمد. أما في درجات الحرارة الواطئة، التي تقل عن – ٢٠م فإن التجمد يسبق ذوبان دقيقة الملح. ويتكون

الملح المادي في درجات الحرارة الواطئة، ويعزى ستيف تكون المنشورات والإبر إلى وجود النوى غير القابلة للذوبان، الأمر الذي يمكن حدوثه في أية درجة من درجات الحرارة التي تقل عن الصفر.

ويجوز أن تكون بعض المعادن ذات التركيب البللورى السداسي الذي يتصف به الثلج، كالكوارتز، مصدر صالحا لنوى التسامى. على أن بللورات الثلج الموجودة فعلا في الهواء تصلح بطبيعة الحال لمزيد من التسامي.

وقد يعزى المنظر الرقيق الذي تمتاز به السحب البلورية الثلجية إلى ندرة ندى التكاثف عند الارتفاعات التي تتكون فيها السحب، إلا أنه يبدو أكثر قبولا أن نفرض أن رقة هذه السحب ناتجة من قلة ما يحمله الهواء من بخار الماء في درجات الحرارة الواطئة التي تسود عند الارتفاعات التي تتكون فيها السحب البلورية الثلجية.

ويظهر أن حجم النوى من الأهمية بمكان. فضغط البخار على قطرة سائلة أكبر منه على سطح مستو من نفس السائل في درجة الحرارة الواحدة، ويزيد كلما نقص حجم القطرة. ولذلك كان من اللازم لبدء التكاثف على القطرات الصغيرة أن تتوفر درجة من درجات فوق التشبع تزيد على ما يلزم للتكاثف على القطرات الكبيرة. ولنضرب لذلك مثلا بالتكاثف على قطرة من الماء النقي يبلغ قطرها ١٠-٢سم، حيث يلزم أن تتوفر درجة من درجات فوق التشيع قدرها ٠،٠٠٢ في المائة. في حين أن درجة فوق التشبع اللازمة للتكاثف على قطرة قطرها ١٠-٦ اسم يلزم أن تصل إلى ٢٦ في المائة. وهذا يتضح أنه من الأسهل أن يحدث التكاثف على القطرات الكبيرة من أن يحدث على القطرات الصغيرة.

إلا أنه يظهر أن في بعض الأحوال عاملا يحبذ التكاثف على النوى

الصغيرة. فقد ذكر من قبل أنه لابد للنوي الكبيرة أن تكون متميعة في حين أن النوي الصغيرة لا يلزم أن تكون كذلك. فقد حصل يونج عام ١٩٣٦ على تكاثف على قطرات في غاية الدقة من زيت البرافين، الأمر الذي يبدو أنه يؤيد صلاحية النوى الأحجام الدقيقة.

ويلزم كذلك أن تؤخذ في الاعتبار حجوم النويي الفعالة في التسامي، فهذه لابد أن تكون نوى جامدة، كما أنه يبدو أن هناك حدا أدنى لحجم هذه الدقائق الجامدة. فقد وجد جرين أن الحد الأدنى لحجم هذه ,المحاليل الغروية الهوائية التفتنة، من مرتبة ١٠ – سم، في حين أن حجم نواة التكاثف المتوسطة، كما حسبه كيلر، من مرتبة أو. (واحد من عشرة = عشر) من الميكرون، وأن كتلتها من مرتبة ١٠ – ١٠ جم. ويبين الجدول الآتي الذي وضعه سمسون، درجات فوق التشبع المختلفة اللازمة للتكاثف على نوى ذات أقطار مختلفة، متميعة و غير متميعة.

درجة فوق التشبع	٠،٥	١	٢	٣	٥	١٠	٢٠	في المائة
غير متميمة	٤٦	٢٣	١٢	٨	٥	٢،٤	١،٣	x ١٠$^{-٦}$ سم
متميمة	١٦	٨	٥	٣،٤	٢،٢	١،٣	٠،٨	x ١٠$^{-٦}$ سم

وقد اقزح أن الشحنة الكهربية التي تحملها نواة قطيرة ما من العوامل التي تحبذ حدوث التكاثف. إلا أن التجارب قد أوضحت أن الشحنات الواقعة على النوى لا تتعدى شدة إلكترونية واحدة. حتى لو حدث أن تجمع عدد من هذه الشحنات على فورا واحدة، فلن يكون لهذا التجمع سوى أثر ضئيل جدا على خاصية تميع النواة، مما يدعو إلى عدم الاكتراث بأهمية هذا الأثر.

مصادر النوى

من الجائز أن تتعدد المصادر التي تنشأ منها نوى التكاثف والتسامي. إلا أنه مما لا يحتمل الجدل أن الغالبية الكبرى من هذه النوي تأتي من عدد قليل من هذه المصادر.

فالدقائق الجامدة، من الغبار غير المتميع، الذي يحتويه الهواء الجوي، ينتج من عدد كبير من المصادر. منها الطبيعي. ومنها االاصطناعي. ويهيء لنا غبار المعادن، الناتج من تفتت الصخور، مصدرة للدقائق الصغيرة التي تلتقطها الرياح. ومن المعقول أن نفترض أن هذا الغبار يعلو بفعل الريح إلى ارتفاعات كبيرة. فإذا كانت هذه الدقائق صغيرة إلى درجة كافية هبطت في الجو ببطء كبير، فتبق في الهواء فترة طويلة. كما تنقل الرياح معها حبوب لقاح النبات، ولو أن هذا المصدر لا يتحقق وجوده إلا في المواسم الخاصة به.

ويعزى إلى الانفجارات البركانية وجود ذرات من الغبار على ارتفاعات شاهقة غير مألوفة. وقد شوهدت في أوربا الأشعة الشفقية التي تدل على وجود الغبار على ارتفاعات كبيرة، وكان ذلك في عامي ١٨٨٣، ١٨٨٦، ثم في عامي ١٩٠٣، ١٩٠.وتتفق هذه السنوات اتفاقها ظاهرة مع حدوث انفجارين كبيرين، هما انفجار بركان كارا كانوا في ٢٩ أغسطس ١٨٨٣، و بركان جبل بيلي في ٢٠ أبريل ١٩٠٢. و تتركب هذه الدقائق من دخان الفحم، وأنواع أخرى من الغبار. والمفروض في الوقت الحاضر أن هذا الغيار الذي تقذفه البراكين إلى الجو، يظل عالقا به فترات تبلغ السنين قبل أن يستقر على سطح الأرض.

ومن دقائق الغبار غير المتميع، الموجودة في الجو، يلزم أن نذكر الدقائق الجامدة التي يحتويها الدخان، والتي تنتج من عدم اكتمال احتراق الوقود، كما

هي الحال في حرائق الأشجار والغابات التي يمكن أن تعتبر ضمن المصادر الطبيعية. كما توجد هـ ذه الدقائق الجامدة في الدخان الناتج من احتراق الوقود في الأفران. إلا أن هذا يلزم أن يعتبر مصدرا اصطناعيا. ويحوي دخان الفحم كثيرا من دقائق الفحم، التي يلتصق بعضها ببعض بواسطة القطران. فتتكون منها كتل كبيرة مختلفة الأحجام. إلا أنه لا يتكون من هذا عادة إلا أعداد قليلة.

وقد تمسك يونج في عام ١٩٣٠ من إنتاج نوى غير متميعة، يحتمل أن تكون مركبة من أكاسيد الزركونيوم واليتريوم غير القابلة الذوبان، وذلك بإمرار تيار من الهواء على السلك المتوهج في مصباح نير نسته على أن هناك عددا كبيرا من الأدلة التي تؤيد النظرية القائلة إن الغالبية العظمى من نوى التكاثف تتركب من الملح. فقد قام كيلر بدراسة الصقيع الهش وقطرات السحب في المراصد الجملة. فوجد أن نسبة الكلوريد من الثبات مكان – كما أنه يبدو أن هذه النسبة ثابتة في المطر في جميع أنحاء العالم، وأنها تتفق مع ما وجده كيلر في قطيرات السحاب، ما دعا كيلر إلى القول إن دقائق السحاب تتكون على نوى تحتوى على ١,٨٤٧ × ١٠^١٤ جم من ملح البحر. وقد قام رأيت بدراسة تكوين الضباب، فوجد أن التكاثف لا يحدث على ذوى الاحتراق، ما دامت نوى ملح البحر موجودة. كما وجد أن نوي ملح البحر اكبر حجمها من فوى الاحتراق، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض ضغط البخار على سطوح نوى ملح البحر، التي تصبح لذلك أكثر صلاحية للعمل كنواة للتكاثف ويتوقف حجمى نواة ملح البحر على الرطوبة النسبية، وعلى كتلة ملح البحر الذي تحويه النواة.

فإذا تكسرت الأمواج على الشاطئ، أو انقلبت المويجات، أو انفجرت فقاعات الرغوة، أدى ذلك إلى إنتاج المحاليل الغروية الهوائية بسبب التناثر الميكانيكي الذي يصيب الماء. وتختلف القطرات التي تتكون بهذه الطريقة فيما

بينها اختلافا بينا من حيث حجومها، إذ تتراوح بين أصفر قطرات مكنة، والقطرات الكبيرة التي تعود هابطة إلى البحر في الحال. إلا أنه من المحتمل أن يكون هناك حجم ساند. على أن فندايسن يعترض ويقول إن الدقائق التي تتكون في هذه الحالة لا يمكن أن تقل في حجمها عن القطرات التي تتكون في التيار الموانئ العنيف الذي يخرج من زجاجة رشاشة .وهو يذكر علاوة على ذلك أنه لا يعرف طريقة للرش تستطيع أن تنتج قطرات تقل في قطره ما عن١٠° سم، و أن غالبية القطرات التي تنتج بالطرق العادية تكبر هذا بكثير ويرى رايت أن هذه القطرات الكبيرة نسبيا لا يمكن أن تبقى عالقة في الهواء فترة طويلة تكفي للعمل فيها كنوى للتكاثف، على أن التشبيه بالزجاجة الرشاشة لا يأخذ في الاعتبار آثار الفقاعات المتفجرة، أو الاصطدامات التي تحدث على الشاطئ.

لا يكفي لتفسير مدل هطول المطر فوق سطح الأرض.

وتسقط القطرات الكبرى، التي تتكون في رشاش البحر، بسرعة عائدة إلى سطح البحر. أما الذرات الصغيرة فتحملها الرياح مسافات شاسعة، وفي استطاعتها أن تبقى عالقة في الهواء فترات طويلة تسمح لها بالانتشار الواسع فسرعة الهبوط النهائية لقطرة من الماء، يتراوح قطرها بين أو (عشر) من الميكرون،١٠٠ ميكرون، في الهواء الساكن هي بالتقريب ١١٠ نقسم في الثانية (حيث نق بالسنتمتر) فاذا اعتبرنا قطرة نصف قطرها ١٠ ميكرون نجد أنها تسقط بسرعة قدرها ١سم في الثانية، وبذا نستطيع التيارات الصاعدة الضعيفة أن تقاوم هبوطها، أو قد ترفعها ثانية، في يقل عن القطرة التي يبلغ نصف قطرها ١٠٠ من الميكرون تهبط بمعدل حين أن ١٠ سم في اليوم.

وبينما تؤدى السرعة البطيئة التي تهبط بها أصغر قطرات ملح البحر، إلى

اتساع رقعة انتشارها فإن مدى الانتشار الرأسي امر مشكوك فيه، ولو أنه ثبت وجود ذرات من الصوديوم على ارتفاعات من مرتبة ١٠ كيلومتر. وذلك بالكشف عن وجود الخطر في طيف السماء في أثناء الليل، وعزى هذا الكشف في ذلك الوقت إلى وجود دقائق يرجع أصلها إلى المحيط، وكانت قد وصلت إلى ارتفاعات تزيد كثيرا على ما كنا نتوقع من قبل. ويفسر هذا احتمال قيام نوى الأملاح بدور في تكوين السحب الصدفية.

ولا بد أن يتبخر بعض الماء من سطوح قطرات رشاش البحر في الوقت الذي تكون فيه محمولة في الهواء. ويتوقف هذا التبخر على درجة جفاف المراء. فإذا قلت الرطوبة النسبية للهواء المحيط بهذه القطرات عن ٩٨ في المائة، كان لنا أن نتوقع تبخر جزء منها على الأقل، وأن يستمر هذا التبخر إلى أن يصل تركيز المحلول إلى الدرجة التي تصبح فيها القطرات في حالة اتزان مع الهواء. أما إذا انخفضت الرطوبة النسبية اللواء المحيط انخفاضا كافيا، فقد تؤول القطرة في النهاية إلى دقيقة من الملح الجاف. فإذا كان الملح هذا كلوريد الصوديوم، وصلت القطرة إلى هذه المرحلة عندما تهبط الرطوبة النسيبة إلى ٧٤ في المائة. أما بالنسبة للأملاح الأخرى التي يحتويها ماء البحر والرطوبة النسبية المناظرة تختلف اختلافا طفيفا عن هذه القيمة. على أن هناك اقتراحا بجواز انقسام دقائق الملح ابعد جفافها إلى دقائق أصغر، يستطيع الهواء حملها إلى الارتفعات الكثيرة. وقد جاء في أبحاث أويز أن قطر قطرة رشاش البحر لا يمكن أن ينقص بالتبخر إلى أقل من ربع قيمته الأصلية. ما يضع حدا أدنى لحجم انوى التي تنتج من رشاش البحر.

ويعترض فندايسن بأن قطرات رشاش البحر ليست من الصغر بحيث تحوي قدرا مناسبا من الملح. ويقول علاوة على ذلك أن ملح البحر موجود في الجو

على هيئة دقائق كبيرة نسبيا، وه ذه الدقائق إما أن تكون النوى لعدد قليل من قطرات السحاب، أو أن تمتصها قطرات أاو بللورات ثلجية تكونت فيلا على نوى أخرى. وما يثبت وجود دقائق كبيرة نوعا ما من كلوريد الصوديوم ما تراه عادة من ومضات صفراء في لهب مصباح بنزن. إلا أنه يبدو أن عدد هذه الدقائق أصغر بكثير مما يلزم لتفسير التكاثف الذي يحدث في الجو، أو مقادير الملح التي يحتويها الهطول.

ويرى البعض أنه يجوز أن تأتي النوى اللحية من سطوح الصحراوات التي تغطى أرضها قشرة من الملح. إلا أن هذا الرأي لا يبدو حلا كافيا إذ أن الصحراوات التي يكسوها الملح لا تشغل سوى مساحات صغيرة نسبيًا في حين أن المحيطات تغطى خمسة أسباع سطح الأرض.

وقد قام ميلاندر في عام ١٨٩٧ بتقديم حل يجذب الاهتمام لمشكلة مصدر النوى الملحية، فقد وجد أن كميات قليلة من الملح كانت تترسب على ألواح الميكروسكوب الزجاجية إذا وضعت فوق محاليل ملحية دافئة. وقد بني نظريته على فرض أن جزيئات الماء التي تترك سطح المحلول الملحي في أثناء عملية التبخر في درجات الحرارة العادية، تحمل معها كميات ضئيلة جدا من المحلول. وقد يكون هذا تفسيرا لمصدر النوى، إذ أنه لا يتوقف على قيام رياح قوية تسبب الرشاش. ومن الجائز أن نتوقع استمرار هذه العملية التي تهيء لنا مصدرا مثاليا للنوى. وقد يحتاج الأمر إلى بعض عمليات الالتئام بعد أن تتكون هذه القطيرات الأولية إذا كان لابد من الوصول إلى قطيرات في الحجم المعروف في الوقت الحاضر النوى التكاثف.

وتدخل الغازات إلى الجو ضمن الأدخنة بمختلف أنواعها. ففي دخان الفحم كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت الذي يتأكسد في أغلب الأحيان

بفعل ضوء الشمس، فيتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت الذي يمتاز بدرجة كبيرة من الجميع، فيتحد مع بخار الماء الموجود في الهواء ليكون قطيرات دقيقة من حامض الكبريتيك. وبهذا تكون في الجو فوى تتصف بته يعمها القوى. على أن هناك من العمليات الصناعية الأخرى ما ينتج غازات تتسبب في تكوين نوى حامضية. ويجدر بنا في هـ ذا الصدد أن نذكر أن تكن وجد أن نوى التكاثف ذات النشاط العادي، يزداد نشاطها إلى حد كبير إذا تعرضت لضوء الشمس.

ويعتقد بعض الباحثين أن فوق أكسيد الأيدورجين والأوزون ينتجان من بخار الماء الجوي عندما يتعرض للأشعة فوق البنفسجية. ويعمل هذان الناتجان كعاملين مؤكسدين للعملية السابق شرحها.

ويفرض سمسون أن حامض الأزوتوز في الطبيعة يتكون في الجو من الآزوت والأكسجين وبخار الماء، بفعل البرق والتأيين الذي تسببه الأشعة الكونية والمواد المشعة. كما أنه من الجائز أن الأوزون وتسرب من طبقة الأوزون الموجودة في أعالي الجو إلى الطبقات السفلى كما أن كوستي ورايت يفرضان أن حامض الأزوتوز أقرب إلى اعتباره ضمن مركبات الجو من حامض الكبريتيك، وذلك بعد أن قاما في عام ١٩٣٠ بدراسة تكون النوى بواسطة اللهب، التي كانا يعتقدان أنها مصدر الأعداد كبيرة من النوى، إذ يؤدي اتحاد الأزوت و الأكسجين الجويين في اللهب مع بعض بخار الماء إلى إنتاج حامض الأزوتوز. وفي ١٩٣٥ قام وج بإنتاج نوى متميمة، أعلن أنها من حامض الكبريتيك. وكان ذلك بإحراق غاز الفحم الخارج من فتحة ضيقة في تيار من الهواء، فتكونت هذه النوى. من الكبريت الموجود في غاز الفحم.

ويبدو أن الغبار المعدني مصدر فعال في إنتاج نوى النساى. فربما كان الغبار الناتج من تفتت الصخور، والذي تذروه الرياح إلى ارتفاعات عالية،

مصدرا لهذه النوى. كما يحتمل أن تكون رمال الصحراء مصدر آخر. فمن الجائز أن يحتوي كل من الغبار المعدني والرمال معادن مناسبة كالكوارتز، تمتاز بالتركيب البلوري السداسي، إلا أنه مما يتطرق إليه الشك في هذه المناسبة أن يكون انتشار هذا الخيار من الوفرة بحيث يكفي التفسير تكون السحب البلورية الثلجية في جميع أنحاء العالم. هذا مع وجوب إسقاط المساحات التي تحولت حديثا إلى صحار من الحساب، إذ أن السحب البلورية الثلجية ظلت تتكون بمقادير عظيمة منذ أمد بعيد.

ولعل من النظريات التي تجذب الاهتمام أن نرى التسامي تأتي من مصادر كونية. ولعل الشهب من أكثر المصادر الكونية احتمالا. فإذا كان هذا صحيحا لزم أن يكون توزيع الغبار الناتج منها منتظما، وأن يهبط الغبار بطريقة منتظمة. ولنا أن نتوقع أن هذه الدقائق الغبارية الصغيرة جدا، والتي تدخل في هذه العملية، تهبط ببطء يسمح لها بأن تبقى في الجو كنوى للتسامى فترة طويلة جدا من الزمن.

وقد يكون من مصادر نوى التسامي ما يجوز أن يحدث من تجمد ذاتي القطرات السحاب السائلة التي وصلت إلى درجة ما من درجات تحت التبريدة فتتكون منها بذلك بللورات من الثلج تصلح نوى للتسامي. وتقتضى هذه العملية أن تقع القطرات تحت تأثير الاضطرابات التي تحدث في السحب التي تسود فيها التحركات الاضطرابية. وفي هذه الحالة تكون البللورات التي يزيد حجمها على قدر معين أكثر استعدادا للتبلور. وقد أطلق كيلر على هذا الحجم الممين اسم "حجم التجمد". و تنشط هذه العملية بطبيعة الحال في السحب الركامة التي تتكون من خليط من قطرات الماء و بللورات الثلج، وذلك بعد أن تكون قد مرت بالمرحلة المائية.

ويبدو أن هناك مبررات لبعض النتائج الخاصة بطبيعة نوى التكاثف والتسامي و مصادرها. أما حقيقة طبيعة هذه النوى و العمليات التي تنتجها مازالت بعيدة عن مرحلة الحل الكامل. وما زلنا نتساءل عما إذا كانت من الأملاح أو من الأحماض. فإذا كانت من الأحماض فمن أين يأتي الكلوريد الذي تحويه قطرات السحاب أو المطر؟ قد يقال إن أملاح الكلوريد كانت عبارة عن دقائق ملحية منتشرة في الهواء الجوي، ثم التقطتها قطرات السحاب والمطر. إلا أن هذا يقتضي توزيعة منتظما للملح على مدى واسع من الجو. وإذا كان هذا هو الواقع فلماذا لا تكون دقائق الملح ذاتها هي نوى التكاثف أو التسامي؟ وفي هذه الحالة يكون من الجائز استبعاد نظرية العمليات الكيماوية التي افترض قيامها في الهواء الجوي.

ولا يلزم أن يكون جميع النوع من مادة واحدة، ولو أنه يبدو أن صفات معينة يحسن أن تتوفر فيها، إن لم يكن دلك محتما. فالنوى التي تتصف بالتميع أقرى أثرة في تنشيط عملية التكاثف من النوى التي لا تتصف به. كما أن نوى التسامي ذات التركيب البلوري السداسي أقوى أثرا من غيرها. وعلاوة على ذلك فإنه لابد أن تكون نوى التسامي نوى جامدة.

ولابد أن يكون إنتاج النوى جميعها من مصادر طبيعية، وإلا فعلى الأقل نسبة كبيرة منها. ويبدو أنه ليس من الحكمة أن نعزو تكوين النوى إلى العمليات الصناعية كاحتراق الفحم، فهذه العمليات قد تكون السبب. في بعض الأحيان في تكوين الضباب المحلى، ولكنها لا يمكن أن تصلح الإنتاج السحب على نطاق واسع. وهناك فوق ذلك من الدلائل الجيولوجية ما يثبت وجود السحب والأمطار قبل استخدام الفحم بزمن طويل. وإلا فمن أين جاءت الأمطار التي أنبتت الخضرة التي تحولت فيما بعد إلى الفحم ؟ كما أنه

يجب إسقاط جميع أنواع التلوث االاصطناعي من الحساب عند البحث عن مصادر أوى التكاثف والتسامي، إذ لابد أن كانت المصادر الطبيعية، المسئولة عن إنتاج هذه النوى، تقوم بدورها في هذا المجال منذ آماد طويلة جدا من الزمان.

وعلاوة على ذلك فإن العمليات التي تنتج النوى لابد أن تعمل باستمرار، فيلزم ألا تعتمد على مجموعة خاصة من الظروف. أما العمليات التي لا تعمل باستمرار فقد تكون مسئولة عن إنتاج النوى اللازمة لتكوين أنواع نادرة من السحب، كالتي تنتشر في الاستراتوسفير. ولذا يجب أن تعتبر هذه العمليات غير المستمرة، كانفجارات البراكين، وحرائق الأشجار، إلى غير ذلك، عمليات إضافية لا أكثر إذا كانت فعلا ضمن المصادر الحقيقية.

وإذا أخذنا بوجهة نظر وجوب الاستمرار في عملية تكوين النوي كانت نظرية ميلاندر أدعى للاهتمام بها كل لمشكلة مصدر النوى الملحية من النظرية التي تفرض تكون النوى من رشاش البحر.

ويلزم أن تعتبر العمليات المستمرة هي المسئولة أيضًا عن تكوين نوى التساعي. أما الصحراوات والرياح العالية فلا تفي بهذا الشرط، ولو أنها السبب، ولا شك، في ظاهرة المطر الملون النادرة، إلا أنها لا بحب أن تعتبر مصدرا لإنتاج نوى السحب البلورية الثلجية. فلا بد إذن من عملية تؤدي إلى توزيع لنوى التسامى يكون أوسع مدى وأكثر انتظاما. ويبدو أن الغبار الذي ينتج من أصل كوني كفيل بأن يهيء لنا مصدرا أقرب إلى الحل الصحيح، فهو ينتج من عمليات مستمرة، كما أنه من المعقول أن تكون دقائقه من الصغر بحيث تهبط بطء شديد يساعد على تنظيم توزيعها.

٥- الهطول الطبيعي

عن الاختلاف بين قطيرة السحاب وقطرة المطر. فكلاهما تهبطان بالنسبة إلى الماء، إلا أن معدل هو ط قطيرات السحب من الضآلة حيث تبدو القطيرات طافية. ولو أن قطيرات السحب تهبط بالنسبة للهواء إلا أنه لا يلزم أن تكون هابطة بالنسبة للأرض، بل على العكس من ذلك. فقد ترفعها التيارات الصاعدة بعيدا عن الأرض.

فمن المفيد إذن أن يكون لدينا طريقة تميز بها بين قطيرات السحاب وقطرات المطر، فلن يكفي أن نقول إن قطيرات المطر تهبط، وإن قطيرات السحاب تطفو، حتى ولو كان هـ ذا صحيحا إلى آخر حرف فيه. فمن المعروف أن معدل هبوط القطرات يتوقف على حجمها، كما أن معدل هو طها بالنسبة للأرض يتوقف على قوة التيارات الهوائية الصاعدة. وقد اقترحت بعض الحدود الاختيارية لحجم أطرة المطر. فاختار هان ١٢,. سم على أنه الحد الأدنى لحجم قطرة المطر دون أن وذكر السبب لاختياره هذا. واختيرت قيمة أخرى هي ٠٧. سم على أساس أن معدل هبوط القطرات التي يبلغ حجمها هذا المقدار عبارة عن متر واحد في الثانية، وهو المعدل الذي يكفي لهبوط القطرة خلال التيارات الصناعة العادية للسحب الممطرة.

كما أوضح فندايسن أن الاختلاف الفيزيائي بين قطيرة السحاب وقطرة المطر هو أن قطرة المطر تتكون من الكبر بحيث تصل إلى الأرض دون أن يتم تبخرها. وهذا وضع حدا فاصلا مضبوطا لحجم كل من القطر تين.

وقد استنتج لذلك قانونا رياضيا يبين أن المسافة التي تقطعها قطرة في جو

غير مشبع تتناسب مع الأس الرابع لنصف قطر القطرة ومنه وضع الجدول التالي يفرض أن الضغط الجوي ٩٠٠ ملليبار، ودرجة الحرارة ٥ م، والرطوبة النسبية ٩٠%

نصف قطر القطرة (سم)	المسافة التي تقطعها القطرة قبل التبخر.		
$١٠^{-٤}$	$٣،٣ \times ١٠^{-٤}$	سم	قطرات سحاب
$١٠^{-٣}$	٣،٣	سم	
$١٠^{-٢}$	١٥٠	متر	
$١٠^{-١}$	٤٢	كيلو مترا	قطرات مطر
$٢،٥ \times ١٠^{-١}$	٢٨٠	كيلو مترا	

يتضح من الجدول أنه لابد أن يبلغ نصف قطر قطرة ما ٢×١٠^{-٢} سم على الأقل حتى تستطيع الوصول إلى الأرض من أي ارتفاع عادى للسحب. هذا هو القيمة التي اختارها فندايسن حدا أدى لحجم قطرة المطر، كما يتضح أن القطرات التي يقل حجمها عن هذه القيمة بقدر طفيف تستطيع أن تصل إلى الأرض من السحب الواطئة جدا.

تكوين الهطول

ظل المتيورولوجيون سنوات عديدة دو أن يحاولوا تحديد أنواع العمليات التي تجري في السحب لإنتاج المطول: وكانوا يعتبرون التكاثف والمطول بمجرد خطوتين متتاليتين في عملية واحده. إلا أنه ثبت بعد ذلك أن هذا لا يعبر عن الواقع في شيء. فما هي العمليات التي تؤدي إلى انطلاق المطول من السحاب؟ من الواضح أنه لا بد أن يحدث في السحاب أما بسبب فيه اضطرابا

هدم استقراره، ويؤدي بذلك إلى نمو القطرات إلى الحد الذي ينطلق فيه المطول. وقد أوضح فيجان وشماوس أنه يمكن اعتبار السحاب على أنه محلول غروي من الماء في الهواء، محلول غروي يشبه في كثير من الوجوه المحاليل الغروية المائية. ولا بد أن تكون العمليات التي تؤدي إلى الهطول بحيث تستطيع تقويض الاستقرار الغروي في السحاب. وقد قام برجيرون بحث العوامل الخمسة الآتية التي تعمل على المحافظة على الاستقرار الغروي، كما بحث النتائج التي تترتب على فشلها:

١- "انتظام الشحنة الكهربية" على قطيرات السحاب، بحيث تكون الشحنات كلها متساوية ووحيدة القطبية. وفي هذه الحالة يعمل التنافر بين الشحنات المتشابهة على منع حدوث اندماج القطرات. وقد أوضح فيجان وفرانكنبرجر أن الضباب الذي يحمل كميات كبيرة من الشحنات الكهربية يظل ضابا جافا، في حين أن الضباب الذي يخلو من الشحنات الكهربية ضباب برطب، أي ضباب رذاذ. الشحنة المنتظمة الكبيرة في هذه الحالة تكفي لمنع أي التئام لقطيرات الضباب إلى قطيرات في حجم الرذاذ ومع ذلك فإنه يبدو من المحقق أنه ما لم تكن بعض العمليات الأخرى سببة في الالتئام، فإن قوى التجاذب التي تنشأ عن اختلاف إشارات الشحنات المختلفة لن تكفي الإسهام بنصيب محسوس في نمو القطرات. وبعبارة أخرى أن قوى التجاذب الكهربي في حد ذاته لا تستطيع أن تبدأ عملية انطلاق المطول.

٢ – وانتظام حجوم عناصر السحاب، لا يبدو أن قوى التوتر السطحي والتميع، التي تبدأ عملها بسبب اختلاف حجوم قطرات السحاب المتجاورة. تستطيع أن تبدأ عملية المطول. فهذه القرى تعمل إلى حد ملموس في أثناء عملية تكوين قطيرات السحب. وما أن يتعدى حجم القطيرة ١٠ سم حتى يتضاءل عمل تلك القوى إلى حد كبير. وفي هذا يقول برجيرون. يقل عمل هذه

القوى بضع بليونات من المرات إدا وصلت القطيرات إلى مرحلة قطرات المطر أو قشور الثلج، نعم لايزال. هناك بقية من ميل للقطرات الكبيرة لأن تنمو على حساب القطيرات الصغيرة، إلا أنه لن يكون لهذا الميل أثر كبير في إطلاق الهطول. ولكن إذا بدأ المطول بفعل بعض العوامل الأخرى، تدخل عامل الاختلاف في حجم القطيرات مع هذه العوامل الأخرى في زيادة حجم الهطول.

أم انتظام ودرجة حرارة، عناصر السحاب. إذا اختلفت درجة حرارة قطيرات السحاب المتجاورة، فيما بينها اختلافا كبيرا، كان من الجائز أن تنمو القطيرات الدافئة. فضغط البخار على القطرات الدافئة أعلى منه على القطرات الباردة، ويؤدي هذا إلى رفع ضغط البخار في الهواء المحيط بالقطرات الدافئة عنه في الهواء المحيط بالقطرات الباردة، و بالتالي إلى نقل الماء من القطرات الدافئة إلى القطارات الباردة بواسطة البخار. إلا أنه لا يبدو مع ذلك أن هذا العامل يكفي البدء عملية إطلاق الهطول. فلن ينشأ فرق كاف في درجة حرارة عناصر السحاب إلا إذا كانت هذه العناصر آنية في الأصل من أجزاء مختلفة من السحاب، ثم تجمعت في مكان واحد نتيجة لاضطراب في السحاب، أو لاختلاف في معدلات هبوطها. إلا أن الاضطراب يعمل عادة على الإقلال من فروق درجات الحرارة. كما أن الاختلافات في سرعات المطول لا يمكن أن تنشأ إلا إذا اختلفت حجوم القطرات. وهذا لا يتأتى إلا إذا كان هناك من العوامل الأخرى ما يتيح زيادة حجم القطرات وقد ينشأ الاختلاف في درجات حرارة الأجزاء المختلفة من السحاب نتيجة للتبريد الإشعاعي الذي يصيب الأجزاء العليا. ويعتبر رينولدز أن هذا التبريد الإشعاعي الذي يصيب الأجزاء العليا من السحاب هو الوسيلة الذي يبدأ بوساطتها الطول. وتنص نظرية رينولدز على أن القطيرات التي تحويها الأجزاء العليا من السحاب تبرد بفعل

الإشعاع وتهبط خلال السحاب، فتلتقط في أثناء هبوطها مزيدا من الماء باندماجها مع قطرات أخرى. إلا أن أثر هذا الإشعاع في أثناء النهار يؤدى إلى تدفئة السطح العلوي للسحاب.

أما التبريد بالإشعاع فيحدث بعد الغروب. ولهذا تبدو هذه النظرية صالحة لتفسير المطول الخفيف جدا والهدب المائية التي تهبط من الركام الطبق في المساء والليل.

٤- انتظام وحركة، عناصر السحاب، الأمر الذي يمنع الاندماج عن طريق التصادم. يستطيع الاضطراب أن يسبب تصادما بين القطيرات، ما قد يؤدي إلى الاندماج. إلا أن التوتر السطحي يقاوم هذا الاندماج بقوة كبيرة، ويعمل بالعكس على إبعاد القطيرات بعضها عن بعض بدلا من إدماجها. فلا يبدو إذن أن الاندماج عن طريق التصادم يمكن أن يكون عاملا مهما في عملية إطلاق الهطول.

٥- انتظام "حالة" عناصر السحاب أي أن تكون كل العناصر ماه سائلا، أو كل العناصر ثلجا جامدا. هذا هو العامل الذي يعطيه برجيرون كل الأهمية. فالاختلاف الكبير بين ضغط البخار فوق الثلج، وضغطه فوق الماء، في درجة الحرارة الواحدة، يعني أن ضغط البخار في الهواء الذي يحتوي قطيرات من الماء وبللورات من الثلج في وقت واحد، أعلى من قيمته فوق الثلج، وأقل من قيمته فوق الماء. ويتبع هذا تسامى البخار على سطح الثلج، ويتبخر الماء من سطوح القطيرات. ويؤدي هذا في النهاية إلى انتقال الماء من القطيرات إلى البللورات بسرعة تؤدي إلى زيادة حجوم هذه البللورات.

ويكون نمو البللورات في هذه الحالة نموا سريعة. فإذا ما تكونت بللورات من الثلج في سحاب كان خاليا منها، كان ذلك سدية في بدء إطلاق سريع

للهطول. ويقول برجيرون في هذا الصدد، إن كل قطرة من قطرات المطر تقريبا، وكل قشرة من قشور الثلج لابد أن تكون قد نتجت في الأصل على بلورة ثلجية..

ويتضح أثر هذا العامل بجلاء من تحول الركام إلى مزن ركامى وقد أصبح من المشاهدات الشائعة، في المناطق المعتدلة أن يدل على هذا التحول تثلج قمة السحاب، الذي يزداد نشاطه بمجرد أن تطعم قته ببللورات الثلج. وتظهر أهمية أثر البلوات الثلجية بوضوح مما تعلمه من أن عمليات المطول لا تقتضى امتدادا رأسا كبيرا للسحاب إذا انخفض مستوى التجمد. كما يتضح ذلك أيضًا من مجموعة سحب الجبهة الدافئة عند ما تتحد السحب الطبقة المتوسطة و المزن الطبقية.

وما أن يبدأ انطلاق الهطول بفعل أثر البللورات الثلجية، حتى يصيب الاضطراب الظروف الأخرى التي تعمل على الاستقرار الغروي، فتظهر بذلك آثار أخرى تسهم في زيادة المطول، فيزيد أثر كل من اختلاف الحجوم والحركة النسبية للقطيرات إلى درجة محسوسة، ما يؤدي إلى زيادة في نمو القطيرات. وقد وجد علاوة على ذلك أن جميع العوامل التي سبق بحثها تلعب دورها بمجرد أن يبدأ انطلاق الهطول.

ويلزم أن نفسر نظرية البللورات الثلجية ظاهرة المطول في جميع أجزاء العالم وتحت كل الظروف إذا أريد أن تكون نظرية مقبولة. إلا أن المشاهدات تقدم لنا عددا من الاستثناءات. ففي المناطق المعتدلة شاهد المؤلف هطولا على صورة قطرات حقيقية تهطل من سحب لا يبدو أنها تصل في ارتفاعها إلى مستوى التجمد. كما شوهد المطر مرارا وهو يهطل من اسحب ركامة طبقية رقيقة جدا تنخفض قممها كثيرا عن مستوى التجمد.

وقد أشار سمسون إلى ظاهرة تستحق الاهتمام عند مناقشة نظرية البللورات الثلجية، ما لها وما عليها. ففي أوربا، وفي المناطق المعتدلة بوجه عام، يكون سمك أغلب السحب، التي تنتج المطول بمقادير وافرة من الكبر بحيث تصل السحب إلى ما فوق مستوى التجمد، ولا يعني اختراقها لهذا المستوى، ووصولها إلى تلك الارتفاعات الباردة، أن هذا الاختراق لازم لإنتاج البطول. في المناطق الدافئة لابد أن يزيد سمك السحب عليه في المناطق المعتدلة حتى تصل إلى ما فوق مستوى التجمد، في حين أنه ثبت بدرجة مقنعة أن الطول من السحب في تلك المناطق لا يقتضي أن تصل إلى درجات من الحرارة تحت التجمد.

فلابد إذن من عملية الانطلاق المطول لا تعتمد على وجود الحالتين معا في السحاب، حالة السيولة وحالة الجمود. أو الماء والثلج. كما يلزم أن تكون تلك العملية قادرة على العمل في درجات الحرارة التي تعلو درجة التجمد. ولا يبدو أن التكاثف المباشر على القطيرات يستطيع أن يكون حلا للمشكلة، إذ أن نمو القطيرات هذه العملية إلى حجوم قطرات المطر يقتضى مرور وقت طويل جدا. كما أنه يبدو كذلك أن يكون التئام القطرات عن طريق التصادم عملية كافية لبدء انطلاق الهطول، ولو أنه ما إن تنشأ اختلافات في حجوم القطرات بفعل عوامل أخرى حتى يكون للاختلاف في معدلات هبوطها شأن كبير في زيادة احتمال الاصطدام.

وقد قدم بيتر سن تفسيرا مرضيا جدا لانطلاق الهطول من السحب التي لا تحوي بللورات الثلج. ففي درجات الحرارة العالية، تزيد فروق ضغط البخار زيادة كبيرة إذا نشأت اختلافات طفيفة في درجات الحرارة. ويؤدي هذا بطبيعة الحال إلى نمو القطيرات وانطلاق المطول بنفس

الطريقة التي يتم بها ذلك في حالة وجود البللورات الثلجية، وعلى ذلك فلن يستلزم انطلاق الهطول في درجات الحرارة المالية اختلافا في الحالة (السيولة والجمود) بين عناصر السحاب المتجاورة كما أوضح بيترسن أن الاضطراب الشديد، إن وجد، يعمل على أن تجتمع في مكان واحد قطيرات تختلف فيما بينها من حيث درجة الحرارة. فتبدأ بذلك عملية انطلاق الهطول. فإذا بدأ الانطلاق ساعدت الشحنات. الكهربية إلى حدما على زيادته. على أن نمو القطيرات يقتضى سمكا كبيرا للسحب تنمو فيه القطيرات في أثناء هبوطها.

ولو أن نظرية البللورات الثلجية تفسر انطلاق الهطول في عدد كبير من الحالات تفسيرا مرضيا، إلا أنها لا تبدو العملية الوحيدة التي تؤدي إلى ذلك. ويبدو أن اختلافات درجات الحرارة بين القطيرات المتجاورة التي تنشأ عن الاضطراب تصلح لتفسير الرخات التي تهطل في درجات. الحرارة العالية. ومع ذلك فقد شوهدت في بعض الحالات قطيرات حقيقية من المطر تطل من سحب تنخفض قممها كثيرا عن مستوى التجمد، وكان السحاب عندئذ من الرقة بحيث لا يمكن أن ينشأ اختلاف كبير في درجة الحرارة بين القمة والقاعدة كما كان الاضطراب مثلا.. ولما كان الهطول في درجات الحرارة المرتفعة لا يقتضي اختلافا كبيرا بين درجات حرارة القطيران، فإن هذا الاعتراض نكش إلى اعتراض أساسه عدم كفاية الاضطراب القائم في هذه الحالة. ويمكن تفسير المطول، الذي يحدث في المساء من الركام الطبقي، تفسيرا مرضيا في بعض الأحيان نتيجة لتأثير رينولدز.

وها نحن لم نصل بعد إلى وصف عملية واحدة تفسر انطلاق المطول في جميع أنحاء العالم، ولا يبدو أن هناك عملية من هذا النوع. ويعتقد المؤلف أن العوامل المختلفة تعمل في الظروف المختلفة.

السحب الهطالة تمتاز أنواع معينة من السحب باستمرار الحصول منها، في حين أن أنواعا أخرى لا تهطل بتاتا. ولكن هناك أنواعا لا تهطل إلا بين الحين والحين، فالسحب الرقيقة جدا، التي تتركب من بللورات الثلج وحدها، اسحب لا تهطل. وتشمل هذه السحب السمحاق والسمحاق الطبقي، ولو أن لبعض السحب السمحاقية , ذيولا يجوز أن تعتبر صورة من الهدب. أما السمحاق الركامى فليس مصدرا للهطول.

وإذا كان الطبقي المتوسط سحابا رقيقا فهو ليس سحابا مطالا. أما المطر والثلج فيهبطان بكميات وفيرة وبشدة تتأرجح في مدى واسع، من الأنواع السميكة من السحب الطبقية المتوسطة. أما الأنواع المالية والرقيقة من السحب لما بقية المتوسطة المطالة، فيكون الهطول منها على صورة هدب اصل منها إلى الأرض كميات ضئيلة منقطعة من المطر أو الثلج... ويندر أن يسقط الركام المتوسط أي هطول فيما عدا الهدب، في حين أن طبقات السحاب المتوسط التي تتركب من خليط من الركام المتوسط والطبقي المتوسط فكثيرا ما تكون محبا مطالة.

أما التزايد في سمك السحاب، الذي يحدث عندما يتحول الطبقي المتوسط إلى مزن طبقى، فيؤدي إلى زيادة في شدة الهطول الذي لا ينقطع في هذه الحالة إلا لفترات قصيرة جدا، ويصل الاضطراب في المزن الطبقى حدا يكفي لتغذية قطيرات المطر، حتى تنمو إلى حجوم كبيرة نوعا ما، مع زيادة كبيرة في عدد المصادمات بين آلة طيران.

ولا يسقط المطول غالبا من السحاب الطبقي. إلا أنه قد يهبط منه في بعض الأحيان رذاذ أو ثلج خفيف، إذ لا يكفي سمكه، ولا درجة اضطرابه، إلى إنتاج هطول على شكل قطرات تزيد في حجمها عن الرذاذ. ولا يهطل الركام

الطبقي عادة، بل يهبط منه من حين إلى آخر مطر أو ثلج

على درجة كبيرة من الخفة. فهو يختلف عن الطبق من حيث الاضطراب، أولو أن الاضطراب القائم فيه من النوع الخفيف. إلا أن به من التيارات الصاعدة ما يكفي لحمل القطرات التي تزيد في حجمها على قطرات الرذاذ. أما الطبق الشقق والركام المشقق فهما من الرقة بحيث لا ينتج منهما أي هطول. وقد يبدو المطر الباطل من الطبقة المتوسط والمزن الطبقي، والذي يتكون فيه سحاب طبق مشقق، قد يبدو هذا المطر في بعض الأحيان هابطة من الطبق المشقق، ولو أنه في الواقع هابط خلاله.

وإذا سقط المطر أو الثلج من السحب ذات النمو الراسي كان على صورة رخات. ولا يسقط من الركام الضحل أي هطول. أما الركام المنتفخ تهطل منه رخات في بعض الأحيان، في حين أن المزن الركامى بطل رخات غزيرة يعتبر سقوطها دليلا على وجود هذا المزن الركامى، حتى ولو كان هذا النوع من السحاب مختبئا وراء سحب أخرى. وهو النوع الوحيد من السحاب الذي يطل منه البرد الحقيقي.

ويتكون البرد من قطرات المطر الهابطة التي تقع في تيار هوائي صاعد داخل السحاب. فيرفعها إلى مستويات أعلى وأبرد حيث تتجمد. فإذا أظلت في هذا التيار ارتفعت معه إلى طبقات تلتقط فيها بعضا من بللورات الثلج. فإذا ما سقطت بعد ذلك عند حافة التيار الذي كان يحملها ووصلت

إلى الأجزاء السفلي من السحاب، التقطت بعض الماء في أثناء سقوطها، فيتجمد هذا الماء مكونا طبقة أخرى من الجليد الشفاف، وتتكرر هذه العملية إلى أن ي كن ثقل حبة البرد لسقوطها خلال التيار الصاعد إلى الأرض، وقد تنصهر قبل أن تصل إلى الأرض فتسقط على هيئة قطرة عن المطر. وتوقف

حجوم حبات البرد التي تسقط من المزن الركامى، على قوة التيارات الصاعدة في ذلك السحاب. وقد يسقط البرد من الجانب السفلي في سندان المزن الركامى، كما يسقط من قاعدته.

وقد يحدث بين الحين والحين، أن يهطل ثلج خفيف دون أن يكون السحاب قد تكون. إذ يسقط الثلج في هذه الحالة مجرد تكوينه، وعندئذ يكون الثلج عادة على هيئة بللورات صغيرة جدا. ولدينا من المبررات ما يدعو إلى قبول اللفظ الذي يوصف به هذا النوع من البطول، ألا وهو د بللورات ثلجية، إذ يبدو أنه لفظ أقرب إلى الصحة من لفظ , ثلج ويحدث هذا عادة في الطقس البارد جدا. وكثيرا ما تتشابك هذه البللورات بعضها مع بعض مكونة قشوره من الثلج. ويحدث هذا إذا لم تصل درجة الحرارة إلى الحد السابق من البرودة.

٦- الهطول الصناعي

من الأهمية بمكان أن نصل إلى وسيلة ناجحة في إنتاج المطر والثلج تحت مختلف الظروف. ولذلك كانت التجارب التي أجريت حدينا لإنتاج هطول من صنع الإنسان مثار اهتمام بالغ.

وأهم ما يجب توفره في عملية صنع المطر هو أنها لابد أن تحدث اختلافا في التوازن الغروي للسحاب قبل أن تحدثه فيها العوامل الطبيعية وبعبارة أخرى هو أنها لا بد أن تحدث اختلافا في درجة التوازن الغروي السحاب, لولا. لظل السحاب مستقرة. على أن العملية تعتبر بحق عملية كاملة من عمليات صنع المطر إذا أنتجت السحاب ذاته.

وقد اجتذبت طرق الإخلال بالاستقرار الغروي للسحب اهتمام عدد كبير من الباحثين في السنوات الأخيرة, وكان البعض قد افترض أن الارتجاجات العنيفة قد تفلر, إلا أن هذا لا نصيب له في التجارب الجارية في الوقت الحاضر, فقد كانت النقطة الفاصلة في نظرية رجيرون لإطلاق المطول هي وجود الثلج والماء السائل في آن واحد في السحاب تحت المبرد, وعلى ذلك, فإذا أضيفت بلورات الثلج إلى سحاب تحت المبرد, لا يحوي بطبيعته شيئا منها في ذلك الوقت, فإنه من الجائز أن يؤدي ذلك إلى هطول المطر. أو إذا انخفضت درجات الحرارة إلى الحد الذي لا يسمح بتكوين المطر. فن الجائز أن يهطل العاج. ويوحي هذا بالبحث عن طريقة لإنتاج هذه البلورات الثلجية في السحاب, فإذا أمكن تجميد بعض القطرات تحت المبرد بطريقة اصطناعية, أو امكن إنتاج بلورات ثلجية عن طريق التسامي, لتوفر لنا الخليط المطلوب من

الماء والثلج, وما يبشر بالخير أن وجدنا طريقة تعتمد على إدخال مادة ما, غاية في البرودة, إلى السحاب. وقد جربت هذه الطريقة لإنتاج المطر في هولندا عام ١٩٣٠. كما أجريت في السنوات الأخيرة عدة تجارب من هذا النوع, وكانت المادة الباردة فيها ثاني أكسيد الكربون المجمد, الذي يعرف عادة باسم: الثلج الجاف,. وتبلغ درجة حرارة هذه المادة – ٨٠ م. فإذا أدخل ثاني أكسيد الكربون المجمد في السحاب المكون من قطرات من الماء تحت المبرد, على هيئة قطع ذات حجوم مناسبة, تكون في السحاب عدد كبير من البلورات الثلجية الصغيرة جدا بتسامي جزء من بخار الماء الذي يحتويه هواء السحاب. وقد ينشأ عن وجود هذه البلورات الثلجية أن يبدأ انتقال الماء من القطرات إلى البلورات على هيئه تخار, بنفس الطريقة التي تؤدي إلى انطلاق المطول بالوسائل الطبيعية.

وقد استخدمت مواد أخرى في تطعيم السحاب. فقد استخدم بوديد الفضة, الذي يشبه الثلج في تركيبه البلوري, ليهي" للسحاب نوى تساعد على تسامي جزء من بخار الماء الذي يحتويه هواء السحاب. وكان بعض الباحثين, الذين يقومون بهذه التجارب, يظن أنه يجوز أن تبقي بلورات يوديد الفضة في الهواء, إذا لم تستخدم في الحال كنوى للتكاثف أو التسامي, لتقوم بأداء هذه الوظيفة فيما بعد, في حين أن ثاني أكسيد الكربون المجمد يتبخر بسرعة إلى الحالة الغازية.

وقد استخدمت لنفس الغرض قطرات من الماء, على أساس أنها تلتقط قطيرات السحاب في أثناء هبوطها، فتساعد على نموها, مما قد يؤدي إلى بدء عملية التفاعل المتسلسل.

وينشأ هذا التفاعل المتسلسل, الذي يعزى إلى تطعيم السحاب بقطرات الماء, نتيجة لهبوط القطرات التي طم بها السحاب. فهي تنمو في أثناء هبوطها

إلى أن يصبح حجمها بحيث تتكسر في تيار الهواء. والمفروض أن كلا من هذه القطرات الناتجة من هذه العملية تلتقط بدورها قطيرات أخرى من السحاب في أثناء هبوطها، فتنمو أيضا إلى أن يزيد حجمها مرة أخرى إلى القدر الذي يؤدي إلى تكسيرها في تيار الهواء. وتتكرر هذه السلسلة من العمليات بالقدر الذي يسمح به عمق السحاب, وتدل نتائج الأبحاث التجريبية و النظرية التي قام بها سوينباك أخيرا أن احتمال اندماج قطيرات السحب احتمال ضعيف, وأن احتمال اندماج قطيرات السحب في القطيرات الهابطة فيها, هو أيضا احتمال ضعيف.

وتلخص الطريقة الشائعة في الوقت الحاضر لتطعيم السحب في إجراء هذه العملية من طائرة تطير فوق السحاب المقصود بالتطاعم, أو خلا له. فإذا استعمل ثاني أكسيد الكربون المجمد لزم تكسيره إلى أجزاء صغيرة يفضل أن يكون قطرها حوالي ثلاثة أثمان البوصة. وقد تستخدم في تكسيره المطارق أحيانا, وآلات السحق أحيانا أخرى. أما معدل , البذر, فقد ظل ومازال سؤالا يدور عليه النقاش. ويرى ف. ج شيفر أن كثيرا من الباحثين بذروا السحب بمعدل يزيد عن القدر اللازم، فكان ذلك سببا في فشلهم للحصول على أحسن النتائج. وهو يعتقد أن البذر الزائد يؤدي إلى تكوين عدد كبير من البلورات الثلجية, التي لا تستطيع, لكبر عددها أن تنمو إلى الحجم المناسب الذي يساعدها على الهبوط خلال السحاب. إلا أنه يبدو, من بعض التجارب الأخرى ألا يوجد حد فاصل المعدل البذر. فالتجارب التي قام بها المركز القومي للبحوث في كندا لا يؤيد وجود حد فاصل, وهو ما يقال أيضا عن التجارب القليلة التي اشترك فيها المؤلف مع لجنة القوى الكهربية المائية في أونتاريو بكندا.

وقد أجريت عدة تجارب في كثير من المناطق المتباعدة, قام بها كثير من الأفراد والهيئات, وفيما يلي سرد سريع لأشد المتحمسين في الوقت الحاضر لهذا العمل التجريبي الضخم. هؤلاء هم: لانجمير وشيفر, اللذان يعملان في شركة جنرال الكتريك, ومعاونوهما, كما قامت مصلحة الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة بسلسلة واسعة من التجارب تعتمد على إعداد هائل من الأجهزة والخبرة تحت إشراف جن و كونز و جنرى. كما قام ليوبولد وهالستد في هاواي ببعض التجارب التي تستحق الاهتمام. كما أن المجلس الأسترالي للأبحاث العلمية والصناعية أجرى بعض التجارب في هذا المضمار, ونشر بعض نتائجها الهامة. وفي كندا قام المركز القومي للبحوث بإجراء عدد من التجارب في ارنبربور بأونتاريو, وفي صفيلد بألبرتا, وذلك بالتعاون مع قوة الطيران الملكي الكندي ومصلحة الأرصاد الجوية. وقد بذلت محاولات في ربيع ١٩٦٨ لإطفاء حرائق الغابة في شمالي أونتاريو بواسطة المطر الصناعي. كما قامت لجنة القوى الكهربية المائية بإجراء سلسلة قصيرة من التجارب في أواخر ١٩٦٨ في كا بوسكاسنج بأونتاريو.

وتدل التجارب التي أجريت حتى الآن على أن إنتاج المطول وإجراء تعديل في حالة السحب من الأمور الممكنة قطعا تحت ظروف معينة. وتشبه الظروف اللازمة, لنجاح العملية، إلى حد كبير, الظروف التي يستلزمها إنتاج الهطول الطبيعي. وقد حدث في بعض الحالات أن نشأ الهطول الناتج دون أن يقع أي هطول طبيعي في المناطق القريبة بينها حدث في أحوال أخرى أن وقع هطول طبيعي في المناطق القريبة. ولما اقتصر البذر على نوع السحاب الذي ينتظر منه المطول كانت نسبة النجاح – بطبيعة الحال – أعلى منها عند بذر كل أنواع السحب, ويختلف مقدار المطر الناتج من حالة إلى حالة, وكان في

أغلب الحالات صغيرة نوعا ما. وفي التجارب التي أجريت في الطقس البارد (بما فيها التجارب التي ساهم فيها المؤلف) كان المطول على هيئة ثلج, وقد هطل المطر بغزارة في بعض التجارب, في حين أنه, في كثير من الحالات, لم تتوفر الوسائل اللازمة القياس المطول. وقد كان على راكي الطائرات أن يشاهدوا بأنفسهم ما إذا كان الهطول مطرا أو ثلجا يصل إلى الأرض، أو لم يكن سوى هدب تتبخر قبل أن تصل إلى الأرض.

ولم يؤد التطعيم, الذي أجري في درجات من الحرارة تزيد على درجة حرارة التجمد في بعض التجارب الكندية, إلا إلى هبوط السحاب. ومن الجائز أن يكون هذا الموط نتيجة ديناميكية هوائية لمرور الطائرة، دون أن يكون له علاقة ما بتطعم السحاب, وقد كان الهطول الذي سقط من السحب الطبقة خفيفة جدا, فليصل إلى الأرض في كثير من الأحوال. أما الهطول الذي سقط من السحب الركامية فكان يصل إلى الأرض في أنسبة أكبر من الحالات، إلا أن عدد المرات التي سقط فيها المطول دون أن يسقط هطول طبيعي في المناطق القريبة كان يزيد في حالة السحب الطبقية عنه في السحب الركامية وهذا ما يجب أن نتوقعه، إذ أن الأنواع الطبقية لا تنتج في العادة هطولا طبيعيا باستثناء السحب الطبقية المتوسطة أو المزن الطبقية. على أن نسبة النجاح كانت تزيد كلما زادت درجات تحت التبريد، وهذا ما يجب أن نتوقعه أيضا ما كان عمق الجزء تحت المبرد من السحاب عاملا هاما في هذه العملية. فإذا زاد هذا على.. قدم كان للنجاح فرصة طيبة, و إذا انخفضت درجة حرارة السحاب عن – ١٠م كان هذا أيضا دليلا على احتمال النجاح. وقد حدث في أغلب الحالات أن تضاءل السحاب بعد سقوط المطول. إلا أنه حدثت استثناءات ملحوظة عندما كانت السحب تمتد إلى ارتفاعات كبيرة.

ولم يكن التضاؤل عادة على نطاق واسع في السحب الطبقية تحت المبردة. إلا أنه حدث أثناء التجارب التي ساهم فيها المؤلف أن ظهر تعديل هام على سحاب من هذا النوع. فقد كانت هناك طبقة متصلة من الركام الطبق تقع قاعدتها على ارتفاع ٥٠٠٠ قدم, وقته على ارتفاع ٥٩٠٠ قدم وكانت درجة الحرارة عند القاعدة ١٦ف، وعند القمه ١٠الف. وكان ألعاب وقتئذ مكونا من الماء السائل تحت المبرد. وكان الدليل على وجود القطيرات المائية ظهور اللمعان على قمة السحاب, وتكون الصقيع على الطائرة في أثناء صعودها خلال السحاب, طمس السحاب بثاني أكسيد الكربون المتجمد من ارتفاع.. ٤ قدم فوق قته, وكانت درجة الحرارة عند هذا الارتفاع ٢٠ف. وكان معدل البذر عاليا جدا, فقد استط حوالي ٣٠٠ رطل من ثاني أكسيد الكربون المجمد على مسار للطائرة طوله ١٠, أميال فشوهد بعد مرور نصف ساعة من البذر أن تعديلا طرا على السحاب بصورة تلفت النظر, فقد كانت المساحة التي تأثرت بالبذر حوالى ٨ أميال طولا و ٢ أميال عرضا (كنا نعين الأبعاد بقياس الزمن الذي يستفيه الطيران عبر كل من طول المساحة وعرضها)، فكان طول المساحة المتأثرة طول مسار البدر. أما العرض فكان أكبر بكثير. وكان معدل الانتشار المرضى التأثير البذر بتفق تماما مع المعدل الذي ذكره شيفر في اجتماع للجمعية التيورولوجية الملكية بأونتاريو, ألا وهو متران في الثانية.

أما التعديل الذي جرى في السحاب فظهر في باديء الأمر على صورة اختفاء منظر التركيب الأسطواني, و ظهور مساحة منخفضة مكانه, ذات تركيب ليفي, لا أثر فيها للنتوءات. فلما اقتربت الطائرة من المساحة البذورة شوهد عمود من الضوء على قمة المنطقة المنخفضة المواجهة للشمس. فكان هذا دليلا على تحول عناصر الجزء المبذور من السحاب من قطيرات المائية إلى

بلورات ثلجية. ولما هبطت الطائرة خلال المنطقة التي جرى فيها هذا التعديل شوهد سقوط الثلج, و سمع في الراديو ما يدل على ذلك.. ثم شوهد المنخفض بعد ذلك يتحول بالتدريج إلى فتحة في الدحاب, وقطرات الماء تحت المبرد وقد تحولت جميعها إلى بلورات من الثلج, أخذت تهبط على شكل هطول ثلجي. وكانت حافة الفتحة محددة تمام التحديد, كما ظهرت منطقة ضيقة يهبط منها تيار من الثلج. وكان الثلج خفيفة ودقيقا. أما المساحة المبذورة الثانية فكانت تبدو شبيهة بالمساحة السابقة, إلا أن الظلام حال دون مشاهدة التفاصيل.

وقد أمكن من حين لآخر إنتاج السحب ذاتها بالبذر في الهواء الطب الصافي. وقد أجريت هذه التجربة عدة مرات ضمن التجارب التي أجريت في أرنبربور, والتجارب التي ساهم فيها المؤلف في كابوسكاسنج.

لوحظ أن السحب التي تكونت بهذه الطريقة في ارنبرور كانت تميل إلى البقاء والتكاتف مع الزمن. أما السحب التي شاهدها المؤلف فكانت اسحب رقيقة, لم تعمر إلا فترة وجيزة كما كانت السحب التي تكونت في أرنبريور تتركب من بلورات ثلجية اتخذت شكل الستائر الرأسية, تنبسط أحيانا إذا تكونت تحت انقلاب حراري. على أنه من الجائز أن تكون عملية تكوين هذا النوع من السحب هي بعينها العملية التي تؤدي بالبذر إلى تكوين بلورات الثلج في السحاب المائي تحت المبرد, وهي لذلك عملية تستحق مزيدا من الاهتمام.

واتبع لأنحمير وشيفر في بعض الحالات طريقة في غاية الأهمية التوضيح قدرة البذر على تكوين فتحات في السحاب, تعتمد على البذر في شكل غير مألوف فتتكون في السحاب فتحة يندر ظهورها في الطبيعة. ومن أمثلة ذلك استخدام الحرف الإغريقي جاما (ة).

ولا يمكن في الوقت الحاضر تحديد قيمة عمليات صنع المعطر. الأمر يحتاج

إلى مزيد من التجارب, والقيام بمزيد من الدراسة. ويبدو من المؤكد أن النتائج التي تتحقق في كل منطقة يلزم أن تقسيم تبعا لظروف المنطقة ذاتها، حتى يمكن أن يتقرر ما إذا كان لصنع المطر في هذه المنطقة بالذات, مع ما تمتاز به من صفات جغرافية و متيورولوجية, أية قيمة من الناحية الاقتصادية للمنطقة. على أنه يبدو في الوقت الحاضر أن صعوبات جمة تعترض المحاولات التي تبذل لإسقاط المطر فوق منطقة بالذات.

على أنه من الجائز أن يكون العجز عن التحكم في معدل الهطول الصناعي عبأ له قيمته, يتوقف بالطبع على الغرض الذي أريد المطر من أجله. فإذا كان هذا الغرض ملء مستودع بالماء كان المطر الغزير مرغوبة

فيه. أما إذا كان المطلوب ري أحد المحصولات الزراعية فيغلب أن يكون المطر الغزير عديم الجدوى, بل وربما نتج عنه ضرر بليغ. فقد تتسرب المياه من الأرض على وجه السرعة تضيع سدى. وقد تسبب المياه الهاطلة بغزارتها إلى إسقاط النبات وإتلافه. وإذا حدث وحب المطر الصناعي سقوط البرد الصناعي أدت المحاولة التي قصد ج مساعدة الحصول على النمو إلى كارثة تصيبه بالانهيار. وإذا أريد بالمطر أن يبلل أشجار النبات للإقلال من خطر الحريق فإنه يكن الحصول على مطر خفيف يهبط لفترة طوية أما إذا كان المطر مطلوبا لإطفاء نار مشتعلة لزم أن يكون المطر في غاية الغزارة.

على أنه يبدو في الوقت الحاضر أن الآثار التي تترتب على تطعم السحاب آثار محلية بمعنى الكلمة, بحيث لا تمتد إلى إجراء أي تعديل في الكتلة الهوائية، وتتوقف النتائج, إذا ظهرت, على خواص الكتلة الهوائية التي تجرى فيها التجربة. كما أنه لا يبدو أن من الممكن التسبب في قيام عواصف تستطيع العمل فترة طويلة بالتدخل مع العمليات الطبيعية.

عبارة عن مرآة نصف كرية, قسم سطحها بخطوط رسمت عليه. و تثبت المرأة في مكان لا يعوق رؤية السماء منه أي عائق. ثم يعين عدد الأقسام التي تغطيها صور السحاب المتكونة بالانعكاس على سطح المرأة. كما يستخدم في بعض الأحيان جهاز آخر, عبارة عن إطار نصف كروي يتكون من قضبان معدنية على هيئة شبكة في حجم مناسب, ويثبت بحيث. يستطيع الراصد الوقوف تحته ليحصي عدد أقسام الشبكة التي تشاهد السحب من خلالها.

أما جهاز تسجيل النجم القطى فيندر استخدامه لتعيين مقدار السحب في أثناء الليل, ويتركب الجهاز من آلة تصوير ذات بعد بؤرى كبير.

فتوجه الآلة نحو القطب الشمالي السماء، بحيث يبقى اللوح الفوتوغرافي امرضا طوال الليل. فيسجل عليه مسار النجم القطي متفطمًا بسبب السحب التي تحجبه من حين إلى حين. وتدل نسبة الأجزاء الخالية من التسجيل على مقدار السحاب إلا أن هذه الطريقة لا نلى نسبة صحيحة إلا إذا كان توزيع السحاب منتظمًا في السماء, ومن هنا كانت صلاحيته التعيين مقدار السحاب منخفضة إلى حد كبير.

٧- ارتفاع السحب

تستخدم في تعيين ارتفاعات السحب عدة طرق مختلفة, يمكن تبويبها بوجه عام إلى طرق للتقدير وطرق للقياس.

أما طريقة التقدير فيمكن استخدامها في أثناء النهار, وفي ضوء القمر الساطع. فإذا كانت الظروف الضوئية مناسبة استطاع الراصد ذو الخبرة والعناية أن يحصل على نتائج مرضية في تعيين ارتفاع السحاب بهذه الوسيلة وذلك بأن يقدر, بمجرد النظر, البعد الذي يفصل بين الأرض وقاعدة الدقيقة الحكم بما إذا كان السحاب سمحاقًا أو سمحانا طبقيا. كما أن السمحاق قد يبدو داكنا عندما تكون الشمس قريبة من الأفق.

وقد تبدي الخصلات المنعزلة, التي تتكون من الثلج, و التي ترى بين الحين والحين في السماء الزرقاء, شبها ملحوظا بالسمحاق إلا أن الفحص الدقيق يثبت أنها لا تتصف بالبياض النقي, ولا المظهر الحريري, اللذين يتصف بهما السمحان. وقد تبلغ الرقة في خطوط المطر درجة تبدو فيها أشيمة بالسمحاق, إلا أنه ليس من العسير تمييزها بسبب ما تبدو فيه من لون رمادي, وما نعرضه من أقواس قزح أو يتخذ وجود الحالة عادة على أن السحاب من نوع السمحاق الطبقي. إلا أن هذا قد يؤدي في بعض الأحيان إلى الخطأ في الحكم، إذ أن الحالات تظهر في قليل من الأحوال بصورة خافته في المطابقي المتوسط الرقيق, كما أنها تظهر بين و الحين في السمحاق وقد يكون السمحاق الطبقي في بعض الأحيان من الرقة بحيث يكون ظهور الحالة فيه هو الدليل الوحيد على وجوده.

ويصعب الكشف أحيانا عن السمحاق الطبق في أثناء الليل, إذ أنه من الرقة بحيث لا يستطيع أن يحجب القمر أو النجوم بقدر محسوس. وهنا تكون الحالة القمرية هي الدليل على وجوده. وقد يخطئ الراصد بين الحين والحين عندما يري و مجا قطبيا أبيض خافتا, فيظن أنه رقعة من السمحاق الطبقي. إلا أنه يستطيع بالفحص الدقيق أن يتحقق من حركة الوهج ونوع الإضاءة التي يتميز بها.

ويعد التمييز بين السمحاق الركامى والركام المتوسط الرقيق من أصعب مراحل التمييز بين السحب العالية ويقتضى التعريف الدولي أن يصحب السحاب المقصود سمحاق أو سمحاق طبقي حتى يمكن التحقيق من أن السحاب سمحان ركاى. وبهذا التعريف بصبح من اللازم استبعاد ما يظهر في بعض الأحيان في صورة سحابية تظهر وحيدة في السماء بالرغم مما يبدو عليها من صفات السمحاق الركامى. ولهذا الاصطلاح ما يبرره, إذ أنه يهئ لنا وسيلة لتفادي الأخطاء التي قد تقع فيها بتسمية الحواف الرقيقة في الركام المتوسط بالسمحاق الركامى, في حين أن الفحص الدقيق يكشف لنا عن علاقتها بالركام المتوسط.

وتتخذ السحب المتوسطة عددا كبيرا من الأشكال – مما يضفي على تحديد أنواعها كثيرا من الصعوبات. فليس من السهل مثلا أن نحدد الوقت الذي يتحول فيه السمحاق الطبق إلى طبق متوسط عندما يتزايد سمكه, والوقت الذي يتحول فيه الطبقة المتوسط إلى مزن طبق, فعندما يتحول السمحاق الطبق إلى طبق متوسط, يقلل ذلك من وضوح ضوء الشمس أو القمر، ويفقد السحاب لونه الأبيض الناصع, على أنه لا يمكن مشاهدة هذا التحول اللوني في أثناء الليل. ويكون الدليل على تزايد اسمك السحاب عندئذ عدم وضوح

حدود القمر. فإذا لم يكن القمر طالما أصبح التمييز من أصعب الأمور إذ أن النجوم لا تظهر من خلف السحب السمحاقية الطبقية السميكة.

ولابد أيضا من التمييز بين الأنواع المختلفة من الطبقة المتوسط. فالطبقة المتوسط المعتم يبدو واضحا, فهو يظهر على هيئة سحاب أوطا واكثف من الطبقة المتوسط شبه الشفاف. كما أن الحالات لا يمكن أن تظهر في الأنواع السميكة من الطبقة المتوسط. أما قاعد تا هذين النوعين فتبدوان في مظهر منتظم, بينما يبدو الطبقة المتوسط شبه الشفاف. والرقع الرقيقة في الطبقة المتوسط المعتم في شكل لبني في المناطق القريبة من الشمس. كما يؤدي تزايد سمك الطبق المتوسط المعتم إلى تحوله إلى طبق متوسط مطال، يمتاز بقاعدة غير واضحة المعالم بسبب المدب التي تتدلى منها.

وقد يتشابه الطبقي المتوسط وبعض أنواع الطبقي الأمر تشابها كبيرا. فإذا كان السحاب رقيقا إلى درجة كافية كان المظهر الليفي الذي يتميز به الطبقة المتوسط بالقرب من الشمس دليلا على تحديد نوعه..

ومن الصعب الكشف عن التحول الذي يصيب الطبقي المتوسط المطال ليصبح مزنا طبقيا إذ أن قاعدة الطبقي المتوسط تحتجب في أكثر الأحوال التي يقع فيها هذا التحول. فقد تحتجب وراء سحاب طبقي, أو طبقي مشقق, أو وراء المعاول نفسه. على أنه يمكن اعتبار زيادة شدة الهطول دليلا مقبولا. كما أنه يمكن تعيين ارتفاع قاعدة السحاب المطال و طعنه بأخذ رصدة من الطائرة من مستوى يعلو الطبقة الواطئة من السحاب الطبقي أو الطبقي المشقق. على أنه لا يمكن اتخاذ درجة إعتام السماء دليلا صادقا على هذا التحول, إذ أن المزن الطبقي يبدو في أغلب الأحيان كما لو كان مضاء من الداخل.

وكثيرا ما نرى طبقات من السحاب لها صفات الركام المتوسط والطبقي

المتوسط، إلا أن التشابه قد يميل في بعض الأحيان هو أحدهما) أو الآخر. ويعتبر سقوط المطول من هذه السحب أمرا عاديا. إلا أن اختفاء المعالم الواضحة من قاعدة السحاب بسبب الهطول أو الحدب بعد دليلا على أن السحاب قد تحول إلى طبقي متوسط هطال.

ومن الأمور الصعبة في أغلب الأحيان التمييز بين الركام المتوسط والركام الطبق, إذ أن هناك كثيرا من الحالات التي تعتبر وسطا بين النوعين. إلا أن هذين النوعين يعتبران من أوجه عديدة, بحكم الظروف ؛

سحابًا واحدًا نكون على مستويات مختلفة مع اختلاف في تركيبها وفي حالة الماء الذي يتركبان منه. فمن العوامل التي تؤدي إلى اختلاف المظهر اختلاف بعد السحاب عن الراصد وهو على الأرض. أما الاختلاف الذي ينشأ في حالة الماء المكون لها فيرجع غالبا إلى اختلاف في الارتفاعات التي يتكون عندها السحاب, وما يتبع ذلك من اختلاف في درجات.. الحرارة, ومن القواعد المتبعة للتمييز بين الأنواع الواطئة من الركام المتوسط, و بين الأنواع المالية من الركام الطبقي أن نبحث فيما إذا كان أصفر العناصر المرتبة ترتيبا منتظمًا يقل في الساعة عن عشرة أمثال قطر الشمس, وعندئذ يكون السحاب ركاما متوسعة. و يمكن تحديد الاتساع الذي يعادل عشرة أمثال قطر الشمس بالزاوية التي تصنعها عند العين ثلاثة أصابع على بعد ذراع منها.

كما يلزم أيضا اعتبار التغييرات الموسمية التي تطرأ على ارتفاعات السحب الوسط. إذ تتراوح النهاية العظمى لما ينتظر أن يصل إليه ارتفاع الركام الطبقي في الصيف بين ٧٠٠٠، ٩٠٠٠ قدم, وفي الشتاء بين...... ورم, وذلك في المناطق المعتدلة. وقد تزيد هذه الارتفعات زيادة محسوسة بالقرب من الجبال العالية.

ومن الطبيعي أن يوجد اختلاف كبير في الخشونة الظاهرية التركيب السحاب إذا نظر إليه من ارتفاعات مختلفة, السحاب الذي يبدو من الأرض ركاما متوسطا على ارتفاع ١٠٠٠٠ قدم, ذو ركامًا طبقيا إذا رصد من طائرة تحلق على ارتفاع ٥٠٠٠ قدم.

كما أن هناك صعوبة في تحديد أنواع السحاب الواطي، تحديدا صحيحا. فكثيرا ما يلتبس الراصد بين الركام الطبقي بصفة خاصة وأنواع كثيرة عن السحب الواطئة. إلا أن الركامات التطبيقية التي تتركب من عناصر منظمة الترتيب, تتخللها رفع من السماء الزرقاء أو السحاب الرقيق, يمكن تمييزها بسهولة كبيرة كركام طبقي كما أنه من السهل اللبس بين الطبقي الذي بتدلي من قاعدته حلقات كبيرة, وبين الركام المتبقي, إلا أن الخشونة الزائدة التي تظهر على تركيبه تكشف عن كنهه الطبقي, ومن السهل أيضا الالتباس بين الطبقي المشقق الذي يتميز بعناصره المنفصلة المتقاربة بعضها عن بعض, وبين الركام الطبقي. فكثيرا ما يكون هذا الطبقي المشفق مرحلة من مراحل تكوين الطبقي, كما يحدث أحيانا أن يكون القاعدة الطبقي بعض المعالم الواضحة. إلا أنه إذا كانت هذه التفاصيل على شكل طيات منتظمة كان السحاب ركاما طبقيا. وكثيرا ما تكشف أرصاده السحاب التي تؤخذ من الطائرة عن طبيعة هذا التركيب. على أن الطبقي المشقق (يتلاصق أحيانا ليصبح سحابا طبقا) والركام الطبقي يتكونان في ظروف متقاربة جدا وفي قمة طبقة مخلوطة من الهواء، إلا أن هناك كثيرا من الحالات الوسط التي تقتضي عناية كبرى إذا أريد تحديد نوعها تحديدا صحيحا.

وتظهر الركامات المنفصلة التي تتكون بأعداد كبيرة كما لو كانت ركاما طبقيا إذا نظر إليها من بعد. إلا أن هذا ليس سوى نوع من خداع النظر.

وبجد الراصد أحيانا بعض الصعوبة في التمييز بين الطبق المشقق والطبي, فإذا أصبح السحاب متصلا بحيث يخلو من التشققات, أو يعتوره قليل منها, كان السحاب طبقيًا. أما الاختلاف بين الطبقي والشقق والركام المشقق فن الكفاية بحيث لا يجد الراصد أية صعوبة في التمييز بينهما. ويقدم الركام المشقق عادة الدليل على أنه المرحلة السابقة للركام, الأمر الذي يتضح من شكله الذي يبدو على هيئة كرات صغيرة, أو خصلات مستطيلة من السحاب, تبعا لأحوال الريح.

كما تواجه الراصد صعوبات معينة عندما يرصد المزن الطبق, الذي يشبه الطبقي إلى حد كبير. إلا أن المطول, سواء كان من قطرات الماء أو من قشور الثلج, دليل على أن السحاب مزن طبقي, ومن الصعب أيضا، بل ومن المستحيل في الغالب, رصد قاعدة المزن الطبقي رصدًا دقيقًا. فالمطول الذي يسقط منه على هيئة مطر يؤدي إلى امتداد القاعدة إلى أسفل فتتكون طبقة من السحاب الطبقي كثيرا ما تقع قاعدتها عند مستوى واطئ جدا. أما قتها فتتصل بقاعدة المزن الطبقي, فتبدو كما لو كانت جزءا منه. كما أنه يحدث في حالات أخرى أن يؤدي الخلط مع إضافة بخار الماء إلى الهواء إلى تكوين طبقة أو رفع من السحاب الطبقي، تحت المزن الطبقي, منفصلة عنه, فيحتجب وراءها المزن الطبقي بالنسبة الراصد على الأرض. أما إذا كان المطول ثلجا حجب المطول نفسه قاعدة السحاب. فإذا أمكن رصد قاعدة المزن الطبقي فستبدو ناعمة غير واضحة المعالم. وعلى أية حال فإن الهطول المستمر من سحاب واطئ، باستثناء الرذاذ، يعد كما سبق أن ذكرنا, دليلًا صادقا على أن السحاب مزن طبقي.

وتتطلب أرصاد السحب ذات النمو الرأسى الجزم بما إذا كان السحاب

في مرحلة التحول من الركام الضحل إلى الركام المنتفخ, أو من الركام المنتفخ إلى المزن الركامي, ومن الأهمية بمكان, بالنسبة للمتنئ الجوي. أن تكون أرصاد هذه التحولات في منتهى الدنة, إذ أن مدى النمو الرأسي لهذه السحب, وأشكال قممها, لدليل قوي على ما يجوز أن يحدث من رخات أو نشاط عاصف رعدي.

أما السحب الركامية فتمتاز بمظهرها الخاص: قواعد مسطحة, وقم مستديرة. تتزايد هذه السحب من حين إلى آخر, إلى أن تغطي السماء بأكملها عندما يتصل بعضها بعض مكونة ركاما طبقيًا. على انه يصب في بعض الأحيان تحديد الوقت الذي يتم فيه هذا التحول إلى ركام طبقي. ومع ذلك فلا يمكن أن يعتبر السحاب ركاما طبقيا إلا إذا اندمجت قواعد ركامانه المنفصلة تكون طبقة واحدة من السحاب.

ويتضمن تحول الركام الضحل إلى ركام منتفخ نموا رأسا في قم السحاب بمحبه في أغلب الأحوال انتفاخات كبيرة. فالركام المنتفخ يمتاز بمظهره الدال على النشاط الذي يبدو في القمم على صورة الغليان، فتنشأ فيها معظم الأحيان أبراج ضيقة إلى حد ما. وللسحاب حدود واضحة, كثيرا ما تعكس ضوء الشمس بقوة تؤدي إلى لمعان السحاب حول قته.

أما التحول من ركام منتفخ إلى مزن ركامى فحدث عندما تصبح قمة السحاب من الثلج. وفي هذه الحالة تقل صلابة حدوده، و تأخذ الألياف السحاقية الشكل في الظهور, وقد تمتد هذه الأجزاء السودانية من القمة على هيئة سندان, وقد لا تمتد. ويطلق على المزن الركاى الحالي من السندان اسم و المزن الركابي الأصلع، وقد يحدث في بعض الأحيان أن تحتجب قر السحب ذات النمو الراسي خلف طبقة من سحاب أوطأ تقع إما أسفل قاعدة السحاب, وإما ملاصقة لها، فلا يراها الراصد من سطح الأرض. وقد تحقق هذه

السحب في أحيان أخرى طبقة من السحاب. كما أنه كثير ما يحتجب المزن الركامى خلف عدد كبير من السحب الركامية.

ويعتبر سقوط رخات المطر الغزيرة أو المتوسطة, دليلا كافيا على صحة افتراض وجود المزن الركامى. على أن سقوط البرد, أو حدوث البرق والرعد، يعد دليلا قاطعا على صحة هذا الافتراض.

وقد ينخدع الراصد أحيانا بالقمة السندانية لمزن ركاى سنداني بعيدًا إذا وقع بين الراصد و المزن الركامى ركام منتفخ, فيبلغ عن وجود ركام منتفخ وسحاق طبقي عندما تحتجب الأجزاء السفلي من المزن الركامى خلف الركام المنتفخ, أو يكون المزن الركامى تحت الأفق.

مقدار السحاب يعبر عن مقدار السحاب بالكسر الذي بحجبه من السحاب. وتستخدم أجزاء من عشرة لبعض الأغراض, وأجزاء من ثمانية للبيض الآخر, ولا يستخدم في هذا المجال من الرصد أية آلات في الغالبية الكبرى من الحالات. على أنه يمكن تعيين مقدار السحاب بالتقدير إذا كانت محطة الرصد في موضع تكشف له السماء بأكملها دون أية عوائق. وقد وجد أنه يكفي لتعيين مقدار السحاب في السماء أن يوجه الراصد نظره على التوالي في اتجاهين متضادين, فيقسم السماء بذلك إلى نصفين يعين مقدار السحب بمختلف أنواعها في كل منهما ثم تضاف النتيجتان معا. ويجوز اختيار النصفين بحيث يؤدى الاختيار إلى تبسيط التقدير. فإذا كان السحاب كله واقعا في النصف الغربي من السماء مثلا, كان من الأنسب تقسيم السماء إلى نصف شرقي ونصف غربي. على أن خداع النظر قد يزيد من صعوبة تعيين مقدار الحب القريبة من الأفقي. إلا أنه من المفيد أن نذكر أن نصف السماء تحدها دائرة على ارتفاع ٣٠ من الأفق ومن الآلات غير المألوفة في قياس مقدار السحاب

جهاز طريف، عبارة عن مرآة نصف كرية, قسم سطحها بخطوط رسمت عليه. و تثبت المرأة في مكان لا يعوق رؤية السماء منه أي عائق. ثم يعين عدد الأقسام التي تغطيها صور السحاب المتكونة بالانعكاس على سطح المرأة. كما يستخدم في بعض الأحيان جهاز آخر, عبارة عن إطار نصف كرى يتكون من قضبان معدنية على هيئة شبكة في حجم مناسب, ويثبت بحيث. يستطيع الراصد الوقوف تحته ليحصي عدد أقسام الشبكة التي تشاهد السحب من خلالها.

أما جهاز تسجيل النجم القطيفيندر استخدامه لتعيين مقدار السحب في أثناء الليل, ويتركب الجهاز من آلة تصوير ذات بعد بؤري كبير.

فتوجه الآلة نحو القطب الشمالي السماء، بحيث يبقى اللوح الفوتوغرافي امرضا طوال الليل. فيسجل عليه مسار النجم القطبي متفطمًا بسبب السحب التي تحجبه من حين إلى حين. وتدل نسبة الأجزاء الخالية من التسجيل على مقدار السحاب إلا أن هذه الطريقة لا نلى نسبة محيحة إلا إذا كان توزيع السحاب منتظمًا في السماء, ومن هنا كانت صلاحيته التعيين مقدار السحاب منخفضة إلى حد كبير.

ارتفاع السحب تستخدم في تعيين ارتفاعات السحب عدة طرق مختلفة, يمكن تبويبها بوجه عام إلى طرق للتقدير وطرق للقياس.

أما طريقة التقدير فيمكن استخدامها في أثناء النهار, وفي ضوء القمر الساطع. فإذا كانت الظروف الضوئية مناسبة استطاع الراصد ذو الخبرة والعناية أن يحصل على نتائج مرضية في تعيين ارتفاع السحاب بهذه الوسيلة وذلك بأن يقدر, بمجرد النظر, البعد الذي يفصل بين الأرض وقاعدة السحاب. وهو إذ يقوم هذا التقدير, يحاول دراسة تركيب السحاب. فإذا كان السحاب رقيقا مال الراصد إلى وضع تقدير أعلى لارتفاع السحاب. إلا أنه لما كان للسحب

الواطئة أثر مباشر على سلامة الطيران،. بالقياس إلى السحب العالية، كان من اللازم تعيين ارتفاعات السحب بعناية، على أنه ما ييسر التقدير ظهور طائرة عند قاعدة السحاب أو بالقرب. منها, إذ أن تقدير ارتفاع الطائرة قد يكون أيسر من تقدير ارتفاع السحاب. وعلى أية حال فإن وجود الطائرة بعد من الظروف التي. تساعد على هذا التقدير.

ويصب تقدير ارتفاع السحب السحاقية. إلا أن الراصد الخبير قد ينجح في هذا التقدير. أما السمحاق الركامي فإنه الوحيد بين السحب. السمحاقية الذي يسهل تقدير ارتفاعه بسبب مظهره.

أما ارتفاعات السحب الطبقية المتوسطة فن الصعب تقديرها لخلو قواعدها من المعالم الواضحة على أنه من المعروف أن الأنواع الرقيقة منها أعلى من الأنواع السميكة. فإذا أخذ سمك الطبق المتوسط في الزيادة.

حتى أصبح طبقيا متوسطا مطالا. زالت الصعوبة في تقدير ارتفاعه. الحدب إن تدلى من قاعدة السحاب عندئذ تضفي على قاعدته مظهرا ينقصه التحديد. كما تضاعف هذه الصعوبة بعد أن بدأ هطول المطر الذي يؤدي إلى تكوين طبقات جديدة, أو رقع من الطبق المشقق,. أو الطبقي, أو الركامي الطبقي. أما الركام المتوسط فيعد, بفضل مظهره الخاص, من السحب التي يسهل تقدير ارتفاعاتها, إذ تكفي النتوءات التي تظهر على طبقات الركام المتوسط المصحوب بالطبقي المتوسط, لتسهيل عملية تقدير ارتفاع تلك الطبقات.

وتختلف درجة الصعوبة في نقدر ارتفاعات السحب الواطئة اختلانا بينا. فالحب التي تظهر النتوءات على قواعدها تعتبر من هذه الوجهة أكثر سهولة من الحب ذات القواعد المستوية فالركام الطبقي، كالركام المتوسط أنسب السحب لاستخدام هذه الطريقة في تعيين ارتفاعه. على أنه يلزم أن نذكر بهذه

المناسبة أن الركام المطبقي يظهر في عدد من الأشكال المختلفة. وأن الصعوبة في تقدير ارتفاعه تزداد كلما زادت دقة تركيه. كما أنه يستحيل في الغالب تقدير ارتفاع الطبقي بأية درجة من الدقة, ولو أن الراصد الخبير قد يستطيع إجراء تقدير تقريبي.

أما الطبقي المشقق فإن الشقوق التي تبدو على مظهره لما بيسر استخدام التقدير كوسيلة لتعيين ارتفاعه, في حين أن تقدير ارتفاع المزن الطبقي يعتبر في أغلب الحالات من المحال في الحالات النادرة التي يظهر فيها هذا السحاب دون أن يسقط الطول منه فعلا, فقد قاعدة السحاب معالمها بسبب الهدب التي تتدلى منها. أما في الأحوال التي يسقط فيها المطول فعلا, فإن هذا المطول, وما يؤدي إليه من تكوين سحاب واطي، بجعل من رصد قاعدة المزن الطبقي أمرا بعيد المنال إن لم يكن من المحال.

أما الركام المشقق فيخلو منظره من الانتظام. ولذا كان تقدير ارتفاعه من الأمور الميسورة، في حين أن الركام الضحل، والركام المنتفخ، اليسا من السحب التي تصلح هذه الطريقة لتعيين ارتفاعاتها, ولو أنه من الجائزة الوصول إلى دقة تكفي للأغراض العملية. كما أنه كثيرا ما تكون قواعد المزن الركامي ممزقة غير واضحة المعالم, يظهر منها سحاب طبقي مشفق, ما جعل تقدير ارتفاعه من الصعوبة بمكان, ويؤدي سقوط المطول بغزارة في هذه الحالة إلى زيادة تلك الصعوبة, في حين أن نوات الثلج التي تصحب المزن الركامي في الشتاء تحجب قاعدة السحاب حجبا تاما.

وقد وضعت بعض القوانين لتعين ارتفاعات السحب بالتقريب, وذلك في الأحوال التي يكون الهواء الواقع تحت قاعدة السحاب مخلوطا خلطا تاما. وهي قوانين تدخل فيها درجة الحرارة و نقطة الندى عند سطح الأرض كما أنه يمكن

استخدام هذه الطريقة في التنبؤ بارتفاعات السحب, وفي هذا يعتبر الركام الحراري أنسب السحب لتلك الطريقة.

فمن المعروف أن كلا من درجة الحرارة ونقطة الندى تهبط مع الارتفاع, ولو أن درجة الحرارة تهبط معدل أكبر وقد وضعها نشورنج قانونا في هذا الصدد بعد مقارنة معدلي التغير المحسوبين لهاتين الكميتين, على الصورة ع=٢٢٠ (و ون) بالأقدام، حيث تدل و على درجة الحرارة فيون على نقطة الندى, عند السطح على المقياس الفاهرنهايتى، ع على ارتفاع قاعدة السحاب فوق السطح بالأقدام. وقد قام عدد من المصانع بإنتاج مقاييس للرطوبة مزودة برسوم بيانية تساعد على استخدام هذا القانون, الذي يربط بين درجة الحرارة ونقطة الندى وارتفاع السحاب. إلا أنه يلزم اتخاذ الحيطة عند استخدام هذا القانون الذي لا يصلح بتاتا في المناطق الجبلية

على أنه في استطاعة الراصد الكف, إذا حلق في طائرة, أن يحصل على أدق البيانات عن ارتفاع السحب, وطبيعة قواعدها. فإذا كانت الطائرة مزودة بجهاز من أجهزة الراديو أمكن تعيين ارتفاعات تم السحب الواطئة والمالية وقواعدها. إلا أن الأمور تتعقد إذا انخفضت درجة حرارة طبقات السحاب إلى ما تحت درجة التجمد, إذ أن الأمر يقتضي في هذه الحالة أن تزود الطائرة بجهاز إزالة الجليد.

ومن العيوب الخطيرة, في الطرق الأخرى لقياس ارتفاعات السحب أن عملية القياس تقتصر على مكان واحد. إلا أن ازدواج المعدات في بعض الأحيان, قد يساعد على الحصول على قياسات أتم وأوفي. على أن معظم هذه الطرق الأخرى تفشل أيضا في تعيين سمك السحاب كما تفشل في الكشف عن وجود طبقات أعلى من السحب.

ـو من الطرق التقريبية لتعيين ارتفاعات قواعد السحب و قمها ما نقدمه المالية قيمة للرطوبة النسبية مادام الجهاز داخل السحاب، على أنه في الإمكان الوصول إلى تعيين الارتفاع, بدرجة كبيرة من الدقة, بمراقبة البالون الذي يحمل الجهاز في لحظة التي يختفي فيها داخل السحاب, ثم حساب ارتفاعه في هذه اللحظة من إشارات الضغط التي يذيعها في أثناء صعوده

وتستخدم بالونات صغيرة لقياس ارتفاع قاعدة السحاب و تستخدم في كندا بالونات من هذا النوع, حمراء اللون. يملأ البالون بالإيدروجين أو الهيليوم, إلى أن تكفي القوة الرافعة صعوده بسرعة تحدد مقدما (تكون في العادة من ١٠ إلى ١٠٠ مترا في الدقيقة). ثم يطلق, ويعين الوقت الذي يأخذه في الوصول إلى قاعدة الدحاب, ولما كانت سرعة الصمود معروفة كان من السهل حساب ارتفاع قاعدة السحاب. إلا أنه بالرغم ما يبدو على هذه الطريقة من بساطة وحسن ترتيب فإنها مازالت تبعد عن حد الكمال, إذ أن قياس ارتفاع قاعدة السحاب يجري في مكان واحد منها, وهو المكان الذي يدخل منه البالون إلى السحاب. فإذا كان بالسحاب شقوق كبيرة, فإنه كثيرا ما يدخل البالون من إحداها, كما أن البالون لا يمكن أن يعطي نتائج مرضية إذا كانت الرياح عاصفة قوية, وخاصة إذا أطلق البالون من فوق سطح أحد المباني, إذ أن التيارات الهابطة في الجانب الخلفي للميني في هذه الحالات كثيرا ما تحمل البالون إلى الأرض حيث يقضي فترة قصيرة ينتقل في أثنائها على مستوى

الأرض, ثم يبدأ في الصعود. الأمر الذي يصعب معه تحديد الوقت بالضبط. كما أن المطر, إذا سقط في أثناء عملية الرصد يعمل على إبطاء صعود البالون بفعل ثقل القطرات التي التقطها من هذا المطر, فتنخفض تبعا لذلك درجة الدقة في تعيين الارتفاعات. إلا أنه في الإمكان أن يملأ البالون

بكمية أكبر من الغاز لتصحيح هذا الخطأ. ولكن هذه العملية من الخطورة بمكان لعدم دقتها. على أن معدل صعود البالون يحمل في طياته كثيرا من الأخطاء حتى في غياب تلك العوامل التي تخل بالنظام.

كما أن البالونات الحمراء, من سوء الحظ، ميلا إلى الظهور بوضوح بعد أن نكون قد دخلت فعلا إلى السحاب، مما يؤدي إلى زيادة محسوسة في حساب الارتفاع, وخاصة عندما تجرى عملية الرصد على السحب الواطئة جدا والسحب الممزقة, وهي الحالات التي يقل فيها البعد الحقيقي بين السحاب والراصد, والتي تكون فيها الأجزاء السفلي من السحاب قليلة الكشافة. كما أنه قد يحدث في بعض الأحيان, أن يدخل البالون السحاب في مكان تكون فيه القاعدة أعلى من الارتفاع الغالب للسحاب، فتعطى العملية قيمة أعلى من الحقيقة بكثير. وقد قابل الكاتب في هذا الصدد مثال بارز لهذا الحبيب بالذات، عندما كان في طائرة وصلت إلى قاعدة السحاب بعد ارتفاع بلغ ١٠٠ قدم, في حين أطلق بالون في نفس المكان, خلال بضع دقائق من نفس الوقت, فظل البالون مرئيا بوضوح, على حد قول الراصد الأرضي, حتى وصل إلى ارتفاع ٢٠٠ قدم. ففي الوقت الذي يخبو فيه البالون تماما, لا بد أن يكون قد وصل إلى داخل السحاب. وإذا أريد استخدام هذه الطريقة, كان من اللازم أن يزود البالون بوسيلة من وسائل الإضاءة. إلا أن رفع هذه الأداة المضيئة يقتضي بالونا أكبر من البالون المادي الذي يستخدم في أثناء النهار.

أو نهى البالونات الكاشفة وسيلة لتعيين ارتفاع قاعدة السحاب علاوة على وظيفتها الأساسية التي تنحصر في قياس الرياح العليا. وتؤدي هذه البالونات هاتين الوظيفتين في أثناء الليل إذا كانت مزودة بإحدى الوسائل المضيئة.

ومن الطرق التي يكثر استخدامها ليلا، في قياس ارتفاعات السحب، أما يعتمد على استخدام جهاز يعرف باسم (كشاف السحاب تسقط منه حزمة من الضوء الكشاف على قاعدة السحاب فتظهر عليها بقعة محددة من الضوء على ارتفاعات تصل إلى ١٥٠٠٠ قدم.

نظرية كشاف السحاب, عن كتاب الآلات الميتودولوجية تأليف و.ا. ك ميدلتون (نشرته مطيعة جامعة تورنتو سنة ١٩٩٧) وتتضمن نظرية عمل كشاف السقف استخدام حساب المثلثات البسيط. وإذا فرضنا, كما أبان ميدلتون، آن ع ارتفاع المخاب، ل طول اخط القاعدة، و هـ زاوية الضوء الكشاف، و م زاوية بقمة الضوء، يكون ل = ع ظتا به + ع ظنا م أما ع = ظناه + ظنا م فإذا كان الضوء الكشاف رأسيًا،كانت ظتا هـ = صفرا وع = ل ظام. وقد تظهر بعض التعقيدات إذا اختلف ارتفاعا مصدر الضوء الكشاف وجهاز قياس ارتفاع البقعة المضيئة. إلا أنه من السهل تذليل هذه الصعوبة بإجراء تعديل مناسب في طول خط القاعدة.

ويقام الارتفاع الزاوي البقعة الضوء بواسطة مقياس الميل. وقد درجت بعض هذه الأجهزة اندل قراءاتها مباشرة على ارتفاعات السحب. أما الكشافات فضبط بعضها ليخرج حزمة رأسية من الضوء, والبعض الآخر يضبط لتخرج منه الحزمة حيث تصنع زاوية مقدارها ٣٦ ٧١ فالحزمة الرأسية تهيء لمزيد من الدقة في تعيين ارتفاعات قواعد السحب, في حين أن الزاوية ٣٤ °٧١ اختيرت على أساس أنها تعطي أدق النتائج في حالة السحب التي تبلغ ارتفاع قواعدها حوالى ٣٠٠٠ قدم. وفي هذه الحالة تكون البقعة المضيئة فوق سمت الرأس مباشرة إذا كان ارتفاع قاعدة السحاب ٣٠٠٠ قدم, وطول خط القاعدة ١٠٠٠ قدم (لأن ٣٦ ٧١ هي ظا ٣١). وتستخدم هذه الكشافات

في تعيين ارتفاعات السحب ليلا بدرجات كبيرة من الدقة. إلا أنه من الصعب تطبيقها في حالة السحب ذات القواعد الممزقة بسبب استطالة البقعة الضوئية وعدم وضوح حدودها. على أن الراصد يستطيع في هذه الحالات أن يركز رصدته على أوطأ جزء من البقعة المستطيلة. وإنه لمن سوء الحظ أن تقتصر صلاحية الكشاف على قياس ارتفاع قاعدة السحاب في بقعة واحدة منها, إلا أنه في الإمكان تركيب كشافين أو أكثر في محطة الرصد الواحدة لإجراء عملية تعيين الارتفاع في أكثر من بقعة واحدة من قاعدة السحاب, بغية الوصول إلى درجة عالية من الدقة. كما أن العناية في استخدام الكشاف قد تساعد على قياس ارتفاعات عدة طبقات من السحب المتقطعة أو المبعثرة. وقد يستطاع رؤية أكثر من بقعة واحدة في وقت واحد.

ولما كانت إضاءة السماء أشد كثيرا من البقعة المضيئة الناتجة من الكشاف, كان من غير المستطاع استخدام هذه الطريقة في أثناء النهار, أعادها المكتب القومي للمعايير (١) بالولايات المتحدة إلى صنع جهاز القياس ارتفاع السحب خلال النهار, يعتمد في عمله على فكرة قدمها اميدلتون, وفيه تستخدم حزمة مكونة من الضوء يمكن تمييزها بسبب اختلاف طبيعتها عن الضوء الثابت الصادر من السماء. ويكون مصدر هذا الضوء المكيف عبارة عن قوس زئبقي يعمل بالتيار المتردد, أما السيلومتر (مقياس الارتفاع) فيتركب أساسا من كشاف ضوئي في ودليل يبين الارتفاع الزاوي البقعة الضوء المكيف التي تظهر على قاعدة السحاب.

ويستطيع اثنان من الراصدين تعيين ارتفاع قاعدة السحاب باستخدام زوج من الثيودوليت، كما هو الحال في إرصاد البالونات الكاشفة التي تستخدم فها ثير دو ابتان. إلا أن هذه الطريقة كوسيلة لقياس ارتفاعات السحب، عيوبها

الخطيرة, إذ يلزم أن يقوم الراصدان بتوجيه نظر بهما إلى جزء واحد من قاعدة السحاب، في حين أنه من الصعوبة بمكان أن يقوم راصدان

في مكانين مختلفين برصد نفس الجزء من السحاب, وذلك بسبب الاختلاف الواضح الذي يبدو على شكل السحاب إذا نظر إليه من اتجاهين

National Burean of Standards (1)

مختلفين. أضف إلى ذلك الصعوبة التي يلاقيها كل منهما في وصف جزء معين بالذات على التليفون بطريقة تمكنهما من رصده سويًا, كما أن معالم السحاب التي تصلح للرصد, هي ذاتها عرضة للتغير المستمر, ولذا كانت هذه الطريقة باهظة التكاليف من حيث الأشخاص والمعدات اللازمة. على أنه يمكن التغلب على هذه الصعوبات باستخدام زوج من الثيودوليدات الضوئية الكهربية لأخذ صورتين آنيتين. ولكن هذه العملية تستغرق وقتا طويلا بحد كثيرا من فائدة هذه الطريقة التي قد تصلح لأغراض البحث, ولكنها لا تصلح للأرصاد العادية على أية حال.

ومن الطرق البارعة التي تستحق الاهتمام طريقة يستخدم فيها ثيودوليت واحد, ولو أنها لا تصلح إلا في ظروف خاصة تقتضي أن يكون الراصد في مكان يستطيع فيه أن يثبت ثيودوليته على تل أو برج يستطيع منه قياس زاوية ارتفاع أحد معالم قاعدة السحاب، وقياس زاوية انخفاض الصورة المنعكسة على سطح بركة تقع في سفح التل أو البرج.

ويمكن استخدام الثيودوليت مع جهاز تعيين المدي, في قياس ارتفاع قاعدة السحاب, في الحالات التي تكون فيها قاعدة السحاب محددة تحديدا واضحا.

وقد استخدم جهاز الرادار الضوئي في تعيين ارتفاعات السحب. ويعتمد

هذا الجهاز في عمله على قياس الوقت الذي يستغرقه الضوء في الوصول إلى السحاب و العودة منه.

وتستخدم أجهزة تعيين المدى, بين الحين والحين, لتعيين ارتفاعات السحب. وقد جاء للمؤلف كتاب من الدكتور ش. في بروكس يخبره فيه عما لوحظ في مرصد بلو هل من أن العيون التي تصلح لاستخدام أجهزة تعيين الارتفاع لا تتوفر إلا في بعض الراصدين.

مختلفين. أضف إلى ذلك الصعوبة التي يلاقيها كل منهما في وصف جزء معين بالذات على التليفون بطريقة تمكنهما من رصده سويًا, كما أن معالم السحاب التي تصلح للرصد, هي ذاتها عرضة للتغير المستمر, ولذا كانت هذه الطريقة باهظة التكاليف من حيث الأشخاص والمعدات اللازمة. على أنه يمكن التغلب على هذه الصعوبات باستخدام زوج من الثيودوليدات الضوئية الكهربية لأخذ صورتين آنيتين. ولكن هذه العملية تستغرق وقتا طويلا بحد كثيرا من فائدة هذه الطريقة التي قد تصلح لأغراض البحث, ولكنها لا تصلح للأرصاد العادية على أية حال.

ومن الطرق البارعة التي تستحق الاهتمام طريقة يستخدم فيها ثيودوليت واحد, ولو أنها لا تصلح إلا في ظروف خاصة تقتضي أن يكون الراصد في مكان يستطيع فيه أن يثبت ثيودوليته على تل أو برج يستطيع منه قياس زاوية ارتفاع أحد معالم قاعدة السحاب، وقياس زاوية انخفاض الصورة المنعكسة على سطح بركة تقع في سفح التل أو البرج.

ويمكن استخدام الثيودوليت مع جهاز تعيين المدي, في قياس ارتفاع قاعدة السحاب, في الحالات التي تكون فيها قاعدة السحاب محددة تحديدا واضحا.

وقد استخدم جهاز الرادار الضوئي في تعيين ارتفاعات السحب. ويعتمد هذا الجهاز في عمله على قياس الوقت الذي يستغرقه الضوء في الوصول إلى السحاب و العودة منه.

وتستخدم أجهزة تعيين المدى, بين الحين والحين, لتعيين ارتفاعات السحب. وقد جاء للمؤلف كتاب من الدكتور ش. في بروكس يخبره فيه عما لوحظ في مرصد بلو هل من أن العيون التي تصلح لاستخدام جهزة تعيين الارتفاع لا تتوفر إلا في بعض الراصدين.

المستعرضة فتستخدم لتوقيت حركة السحاب بنفس الطريقة التي تبع مع الأسنان في المنظار المشطي.

ويتركب و منظار السحب ذو المرأة، من قرص أفقي من الزجاج الأسود, نقشت عليه دوائر متحدة المركز, و من مؤشر رأسي يمكن رفعه وخفضه على حافة الجهاز. يضبط وضع المؤشر إلى أن تظهر صورة السحاب المقصود بالرد على الخط الذي يصل بين المؤشر و مركز القرص. ثم تراقب الصورة بحيث تظل أثناء حركتها على خط واحد مع المؤشر, وهذا يتعين اتجاه حركة السحاب على مقياس مدرج على حافة الدائرة.

وهناك نوع آخر من و منظار السحب ذي المرأة, لا يظهر على مرآته نقوش, فيما عدا نقطة عند مركزه، ومزود بعينية يمكن ضبطها لتناسب رصد السحب على مختلف الارتفاعات. ترصد صورة السحاب خلال

العينية، ثم يتتبعها الراصد من مركز المرآة بواسطة مؤشر معدني صغير مثلث الشكل, ثم توضع مسطرة على المرآة لتمر بمركزها و بطرف المؤشر أو الدائرة الأفقية. وعندئذ يمكن تعيين سرعة حركة السحاب بدلالة بعد النقطة

المركزية عن المؤشر وارتفاع العينية.

وقد كانت أرصاد مناظير السحب تستخدم على نطاق واسع قبل أن ننشر استخدام البالونات الكاشفة, بغية تعيين سرعة الرياح العليا واتجاه حركتها. وقد كان هذا يستلزم معرفة ارتفاعات السحب إلى درجة كبيرة من الدقة حتى يمكن حساب سرعة الريح. أما الآن فقد قل استخدام مناظير السحب بعد أن أصبحنا نعتمد في تعيين اتجاه حركة السحاب وسرعته على رصد اتجاه حركة البالون الكاشف وسرعته في اللحظة التي يدخل فيها السحاب. إذ أنه إذا كان المقصود من إطلاق البالون تعيين ارتفاع السحاب لاستخدامه في حساب سرعة الريح, فمن الأولى و الأنسب أن يستخدم هذا البالون مباشرة لتعيين سرعة الرياح في الارتفاعات المختلفة. وعلاوة على ذلك فإن البالون سيساعد في الحصول على مسرعة الريح في الارتفاعات التي لا توجد فيها سحب ما. كما أنه إذا كان ارتفاع السحاب المستخدم في حساب سرعة الريح ارتفاعا تقديريًا, أدى استخدامه لهذا الغرض إلى خطأ محسوس في حساب سرعة الريح.

و يمكن تعيين اتجاه حركة السحاب بأخذ أرصاد متتابعة ارض المعالم التي يمكن تمييزها على قاعدة السحاب. ويكفي أن يكون الثيودوليت المستخدم لهذا الغرض من النوع الذي يشتمل على ما يحدد الاتجاه، إذ أن الأبعاد التي نحن بصددها لا تقتضي استخدام التلسكوب.

أما سرعة حركة السحاب فيمكن تعينها بإجراء توقيت للأرصاد التي تؤخذ بهذا الشيودوليت. إلا أن هذا يقتضي معرفة ارتفاع السحاب

بوسيلة أخرى. فإذا كانت هذه الوسيلة الأخرى هي رصد بالون, انطبق عليها نفس المنطق الذي سبق بيانه عند الكلام عن مناظير السحب، ولذلك

كان من الأفضل استخدام البالون مباشرة في تعيين سرعة الرياح واتجاهها, إذ أنه إذا كان ارتفاع السحاب ارتفاعا تقديريًا, أدى هذا إلى إضافة تقريب آخر في حساب السرعة، وقلت بذلك درجة الدقة في تعيين سرعة الريح إلى حد خطير.

تصوير السحب، لنا التصوير الفوتوغرافي وسيلة ممتازة لتسجيل مظاهر السحب على أنواعها المختلفة. وهو فرع من فروع التخصص في التصوير الفوتوغرافي, تواجهه كثير من الصعوبات التي لا تواجه في العادة غيرها من أنواع التصوير الفوتوغرافي.

ومن الحب ما تكون له بلا شك صورة جميلة, ومنها ما يصعب أو يستحيل تصويره بشيء من النجاح. فالحب التي تعطي صورا تبرز فيها التفاصيل هي في المادة, كما نتوقع السحب، التي يسهل تصويرها. فالسحب الركامية, وبصفة خاصة السحب الكبيرة ذات النمو الرأسي, هي السحب التي تجذب اهتمام المصور. كما أن السحب الركامية, التي تفصل الفتحات بين أجزائها, و التي تعلوها طبقات أخرى من السحاب، لها من التفاصيل ما يبرر جمالها في التصوير , فالسحب ذات الأشكال المنفصلة أصلح دائما من السحب ذات الأشكال المتصلة, في حين أن السحب المتموجة التي تتخللها افتتاحات, تقع ضمن قاعة السحب التي تعترض النجاح في تصوير ها صعوبات جمة. وتشترك معها في هذا الأمر السحب الماجية التي يصعب تصويرها بشيء من النجاح، بل ويستحيل ذلك في أغلب الأحيان. كما أن السحاب الذي يعطي صورة جميلة على أرضية من السماء الزرقاء، لن يعطي أية صورة إذا كانت ورا.. أرضية من السحاب العالي.

أما أنواع السحب العليا فتحتاج في تصويرها إلى كثير من عناية الصور, وبصفة خاصة عند التعرض للضوء. على أن السمحاق, والسمحاق الركامي,

من السحب التي يسهل تصويرها بنجاح, في حين أن السمحاق الطبق من السحب التي يصعب تصويرها بسبب افتقارها إلى تباين الأضواء في أجزائها المختلفة, ولو أن هذا لا ينطبق على السمحاق الطبق الذي يتركب من أشرطة متداخلة, وهو النوع الذي لا يسهل ميزة عن السمحاق. أما حافة السمحاق الطبق, الذي يكسو السماء بأكملها, فتظهر كما الصورة تفاصيل واضحة تمتاز بها عن صورة طبقة كاملة.

وتنتج من تصوير أنواع كثيرة من الركام المتوسط صور جميلة بسبب الفتحات التي تفصل بين أجزائه المختلفة, مما يهيء تباينا قويا في الإضاءة. أما السحب الطبقية المتوسطة فلا يسهل تصويرها هذه الدرجة من النجاح بسبب افتقارها إلى التفاصيل. إلى أنه قد يحدث, من حين إلى آخر, أن تقع الشمس في مجال الصورة, فتخرج للسجاب صورة جميلة. كما أن الأنواع العدسية من الركام المتوسط تعتبر من السحب التي يسهل تصويرها في كثير من الحالات, ولو أنها تحتاج إلى عناية كبر عند التعريض.

وتصلح بعض أنواع الركام الطبقي للتصوير. الأنواع التي تفصل أجزاء، فتحات صافية من السماء الزرقاء تعد من السحب التي تصلح للتصوير, كما هي الحال فما نشبهها من السحب الركامية المتوسطة. أما الركام الطبق الذي يتخذ مظهره شكل الطيات, فهو في العادة من الكثافة بحيث لا تبدو عليه أية تفاصيل، حتى النتوءات التي تظهر على قاعدته لا تعطى في الصورة له شيئا من التفصيل. كما أن الأنواع التي يسهل تصويرها من الركام الطبقي لاتعطى في أغلب الأحوال نتائج طيبة في تصويرها إذا كانت على أرضية خلفية من السحاب العالى, إذ أنه لن يظهر في الصورة أي تباين بين أجزائها المختلفة,

علاوة على ما يغلب على الإضاءة من ضعف واضح. أما الطبقي المشفق فيصلح للتصوير إذا كان متناثرا أو منقطعا, وكانت وراءه سماء صافية. أما إذا كان السحاب يكسو السماء, فما عدا شروخا صغيرة, كان من الصعب تصويره لنفس الأسباب التي ذكرت عند الكلام عن الركام الطبي الذي يتخذ شكل الطيات. فإذا كانت خلفه أرضية من السحب العالية كانت نتائج التصوير أقرب إلى الفشل منها إلى النجاح, مالم تكن تلك السحب العالية من الرقة، أو التشقق, ما يسمح بمرور قدر كاف من الضوء على أنه من السهل تصوير الطبقي المشقق, إذا كانت وراءه شمس واطئة. في حين أنه من الصعب تصوير السحب الحاجبة، أو المزن الطبقي, أو الطبقي. فالمزن الطبقي بالذات يستحيل أصوره على وجه العموم بسبب الأول الذي يسقط منه في معظم الأحوال. فإذا كان مطرا حجب السحاب بدرجة محسوسة.

وإذا كان المطول ثلجا, حجب السحاب حجبها تاما. أضف إلى هذه الصعوبة أن المطر أو الثلج سوف بقع حتما على عدسة التصوير, أو على النافذة إذا كانت الصورة تؤخذ من الداخل. على أنه يمكن تفادي هذه الصعوبة بأخذ الصورة داخل غرفة مسقوفة بحيث لاتقف النافذة حاجزا بين السماء و آلة التصوير. أما الطبقي فيندر أن تنتج له صورة ناجحة. إلا أنه قد يصلح للتصوير إذا أخذت صورته على أرضية تشمل تلا ذا على كاف. وقد أخذت صورة ممتازة فعلا لسحاب طبقي من تمثال واشنطون الذي بدأ يخبو وراء السحاب.

وتهيئة السحب ذات النمو الرأسي للصور وسيلة للحصول على أكثر الصور نجاما, إذ يظهر على صورها تباين ممتاز بين أجزائها المختلفة, ينتج عن عدم اتصال السحب في أغلب الأحيان. إلا أن وجود طبقة من السحاب العالي

فوقها يحد من فرص النجاح في تصويرها. على أنه في الإمكان الحصول على صور ممتازة عندما تكون الشمس واطئة, ويكون السحاب بينها وبين المصور, فتضفي الأشعة الشنقية الناتجة على الصورة طابعة فنية رائعة. أو تنشأ السحب الثديية عامة في ظروف ضوئية صعبة لا تساعد على نجاح تصويرها إلى أية درجة بالرغم من المعالم البارزة التي تمتد تحت قاعدة السحاب إلى مدى بعيد. وذلك بسبب ضعف الإضاءة, وما ينتج عنه من عدم التباين الضوئي في الصورة الناتجة, إلا أن النتوءات الكبيرة جدا قد تهيء بمجموعة من الضوء والظلال, أوضح مما يبدو على الركام الطبقي الذي الذي يتخذ شكل الطيات.

وما يساعد على نجاح تصوير السحب استخدام أنواع مناسبة من المرشحات الضوئية, التي يستطيع بها المصور أن يخفض شدة الأشعة ذات الأمواج القصيرة، والتي تمتاز بتأثير كيميائى قوب, و بذلك يهيء فرصة للألوان الأخرى تستطيع فيها أن تؤثر على الفر الفوتوغرافي. أما اختيار المرشحات فيتوقف على الغرض الذي تؤخذ الصورة من أجله. فإذا كان الغرض من التصوير تسجيل معالم السحاب و تفاصيله ودراسة تركيبه, كان من المرغوب فيه خفض شدة الأمواج الضوئية القصيرة التي تدخل آلة التصوير, ولكن يلزم ألا يصل هذا الخفض إلى الحد الذي يؤدي إلى ضياع التفاصيل في مقابل الحصول على التباين في الصورة. أما إذا كان المقصود الحصول على أثر فني لا أكثر, أو كان المقصود الحصول على التباين على حساب التفاصيل, كان من الأنسب استخدام مرشح أكثر كثافة. وقد وجد المؤلف أن المرشد الأصغر الغامق من أنسب المرشحات بينما وجد أن المرشح الأصفر الخفيف لم يكن مناسبة لهذا الغرض. أما إذا أريد الحصول على تباين أقوى على حساب التفاصيل جهاز استخدام المرشح الأحمر, الذي يحد لسوء الحظ من حرية

اختيار الأفلام, إذ أنه يلزم استخدام أفلام من النوع البانكروماتيك (الأفلام الحساسة لجميع الألوان) حتى يمكن الحصول على صورة ما.

ويجب أن يحظى لون السماء بنصيب من الاعتبار عند التصوير, إذ يمكن الحصول عند تصوير السحاب الأبيض على سماء زرقاء صافية على تباين أقوى ما نحصل عليه عند تصوير السحاب الأبيض على سماء زرقاء باهتة. وتزداد صعوبة التصوير على السماء الباهتة عندما تكون السحب المراد التفكير والعناية. ولما كانت الأمانة في تسجيل تفاصيل السحب, على صورها الفوتوغرافية, من الأهمية بمكان, وخاصة إذا كان في النية تكبير الصورة فإن الفل ذا الحبيبات الدقيقة يفضل الفل ذا الحبيبات الخشنة، ولو كان أكثر حساسية, الضوء المتوفر أكثر ما يكفي للتصوير, فلا داعي لاستخدام الأفلام السريعة التي تسجل بعضها التفاصيل الدقيقة. وإذا استخدم في التصوير مرشح أحمر وجب اختيار الفلم من النوع البانكر ومانيك الذي يتأثر بجميع الألوان. على أنه يحسن, إذا أريد الاحتفاظ بالتفاصيل, أن يكون المظهر من النوع الخاص بالأفلام ذات الحبيبات الدقيقة. كما أن العناية بالطبع والتكبير من العوامل التي تساعد على إبراز أكبر قدر من التفاصيل.

ويجب في هذا النوع من التصوير، أسوة بالأنواع الأخرى منه, أن تستعمل أفضل العدسات التي يمكن الحصول عليها حتى يمكن تسجيل أكثر ما يمكن من التفاصيل على صورة سالبة تسمح بأكبر ما يمكن من التكبير, على أنه لا داعي لاستخدام العدسات السريعة, إذ أن هـ ذا النوع من التصوير لا يحتاج إلا إلى فتحة صغيرة من العدسية. أما المهم فهو إبراز التفاصيل الدقيقة التي تخرجها العدسة المصححة إلى درجة كبيرة من الدقة. ولما كانت السحب على بعد كبير من المصور, كان ضبط موضع العدسة في الآلة من أهون الأمور. كما أن ضيق

الفتحات التي تستخدم من العدسة يساعد على عمق البؤرة إلى حد كبير, علاوة على أن استخدام الفتحات الضيقة, وما يتبعه من إبراز التفاصيل الدقيقة, أمر ميسور عند تصوير السحب بسبب بعدها الكبير, وذلك لأن زيادة التعريض لا يؤثر في دقة التفاصيل.. الحجاب على درجة من البعد تبدو معها حركته من البطة بحيث لا يظهر في الصورة أي أثر لحركة. ومن الأدوات اللازمة لتصوير السحب جهاز تحديد زمن التعريض الذي يسمع بزيادة الدقة في التعريض وفي فتحة العدسة, إذ قد يؤدي النقص أو الزيادة في التعريض إلى ضياع فرصة للحصول على صورة للظروف السحابية النادرة.

ويساعد تصوير السحب من أعلى على الحصول على نتائج من الأهمية بمكان, كما أنه يبرز من التفاصيل الدقيقة و غير الدقيقة ما يساعد على تبويبها. فالإضاءة فوق السحب أفضل بكثير منها تحت السحب. كما أن السحب الممزقة، أو المبعثرة, تصلح للتصوير على أرضية خلفية من سطح الأرض, إلا إذا كانت الأرض مغطاة بالثلج على أنه من الممكن بصفة عامة الحصول على صورة أفضل للسحب الطبقية المشنقة بتصويرها من أعلى بدلا من أسفل.

كما يمكن الحصول على نتائج في غاية الأهمية باستخدام العدسات ذات الزوايا الواسعة، التي تسمح بتصوير السماء بأكلها في صورة واحدة. وتتضمن الطريقة المتبعة من حين إلى آخر, في هذا النوع من التصوير, استخدام مرآة نصف كربة تثبت في وضع تنعكس فيه السماء, ثم أوخذ صورة الانعكاس بواسطة آلة التصوير.

وقد استخدمت الطرق الفوتوغرافية بنجاح في تعيين ارتفاع سحب الاستراتوسفير، باتباع نفس الطريقة المستخدمة في تعيين الوهج القطي، وذلك بأخذ صور تين آنيتين للسحاب على أرضية خلفية من النجوم، من مكانين

مختلفين تفصلهما مسافة معلومة.

الرادار والسحب ينشأ عن بعض الظواهر المتيورولوجية أصداء رادارية. الصدى العائد من تجمع قطرات الماء يتناسب تناسب طرديا مع دع، حيث ع بمجموع أقطار القطرات مرفوعة إلى الأم السادس. وقد وجد أن الأصداء تنتج من المطر والثلج على ح د سواء, كما تنتج من أجزاء من بعض السحب.

وقد شوهد مرة شريط لامع أفقي في السحب, كشفت عن وجوده المعدات الإدارية التي كان قد قصد بها تعيين ارتفاع السحاب وقد وجد أن هذا الشريط, إذا نشأ، يقع عند مستوى التجمد أو بالقرب منه. وفر وجوده بزيادة في قوة الانعكاس, كانت نتيجة لوجود غلاف من الماء السائل على بلورات الثلج في أثناء ذو بانها, مما يؤدي إلى زيادة المساحة العاكسة لهذه البلورات الثلجية المغلفة بالماء عما لو كانت تمارات مائية أو بلورات ثلجية فقط.

ولا ينشأ عن قطيرات الماء ذات الأحجام العادية أصداء لما تصدره المعدات الرادار المستعملة في الوقت الحاضر, والتي تبلغ أطوال موجاتها ١٠ سم أو ٣ سم, إلا إذا كان داخل السحاب أو تحته أعداد من قطرات المطر, ولن يستطيع جهاز الرادار, الذي يبلغ طول موجته ١٠ سم الكشف عن المطر إلا إذا زادت شدة المطر عن نهاية صغرى معينة. وقد ظهر من الدراسة التي قام بها المؤلف أن النهاية الصغرى لشدة المطر الذي يمكن الكشف عنه في مدى ٢٠ ميلًا تتراوح حوالى جزء من ثلاثين جزءا من البوصة في الساعة.

ولذلك كان الرادار من أدوات الرصد الإضافية المفيدة. وقد وجد أنه ذو فائدة عظمي بصفة خاصة في دراسة حركة الماريكين (النكباء).

٨- علاقة السحب بالتنبؤ

من المناسب أن تقسم دراسة السحب فيما يتعلق بالتنبؤ إلى قسمين منفصلين, ما يرصد محليا, أو تأتي عنه التقارير من المحطات البعيدة, تهيء للمنتي قدرة نافعة من البيانات التي تساعده, إذا ربطها بالمعلومات الأخرى التي يمكن الحصول عليها من خرائط الطقس الشاملة, وخرائط طبقات الجو العليا, على تحليل حالة الطقس بدرجة كبيرة من الدقة, وهذا يساعد بدوره على زيادة الدقة في التنبؤ عن التطورات التي ينتظر وقوعها في الطقس. كما أن العناية الشديدة بدراسة أحوال السحب المحلية من العوامل الحيوية النجاح التنبؤ من أرصاد محطة واحدة.

ومن ناحية أخرى يعتبر التنبؤ عن أنواع السحب, ومقاديرها, وارتفاعاتها, وما يصحبها من أحوال الطقس, من أصعب المسائل التي يعني بها الميتورولوجى, بل وأكثرها تعقيدًا.

ويستدل من المعلومات الدقيقة الكاملة عن السحب على طبيعة ومدى التطورات التي تطرأ على طبقات الجو العليا، كما تعتبر دليلا واضحا على رطوبة الهواء ودرجة استقراره. ومع أنه من الممكن الحصول على معلومات عن طبقات الجو العليا باستخدام أجهزة الراديو سوند, أو بواسطة الطائرات، إلا أن هذه القياسات محدودة بطبيعة الحال, سواء كان ذلك من حيث الرقعة التي تخصها هذه المعلومات، أو من حيث تكرارها. على أننا نري, حتى في المحطات التي يمكن الحصول منها على أرصاد آلية, أن أرصاد السحب تضيف جانبا من المعلومات يمكن ربطه بالتسجيلات الالة، فتضيف لها دليلا مستمرا للتطورات

التي تقع فيما بين الأوقات التي تو حذ فيها أرصاد طبقات الجو العليا بواسطة أجهزة الراديو سوند.

ويمكن الاستفادة من الرجوع إلى الأرصاد السابقة للسحب في الوصول إلى معلومات قيمة عما يمكن أن يسمى و التاريخ السيدابي، لكتلة الهواء، أو كتل الهواء، التي نعني بها. فتحصل بذلك على مقدار رطوبة الهواء، ودرجة استقراره وحركاته، ويستطيع التيورولوجي أن يربط بين تلك الظروف السابقة لكتل الهواء وظروفها الحاضرة، فيستطيع بذلك أن يعين مدى التغير الذي طرأ عليها، وأن يقدر ما ينتظر أن يطرأ عليها فيما بعد من تغيرات.

ومن أعظم الأمور تعقيدا موضوع التنبؤ التفصيلي عن السحب على النحو الذي تتطلبه سلامة الطيران. إذ لا يكن في هذه الحالة أن نقصر اهتمامنا بنوع السحاب، بل يجب أن يمتد اهتمامنا إلى تعيين ارتفاع السحاب، ومقدار سمكه. كما أنه من الأهمية بمكان أن يشمل التنبؤ الظروف القائمة داخل السحاب من حيث الثلج والاضطراب.

كما يلزم عند التنبؤ عن أحوال السحب أن يكون هذا التنبؤ مبنيا على تحركات كتل الهواء على نطاق واسع، وعلى الآثار المحلية التي تنتج على نطاق ضيق. إذ أن لعدم انبساط الأرض، ووجود السطوح المائية، آثار محلية خطيرة. ولذا كان من الأهمية بمكان أن يقوم المتيورولوجى بدراسة طبوغرافية الإقليم الذي يقوم بالتنبؤ له.

ويمكن الحصول من الأرصاد الخاصة بأشكال السحب العليا على معلومات عن احتمال وجود هواء دافئ يزحف فوق هواء بارد،

و مقدار رطوبة هذا الهواء الدافئ، واتجاه حركته. فإذا لوحظ تزايد في سمك السحاب كان هذا دليلا على ازدياد عمق الهواء المرفوع. كما أن المراقبة

الدقيقة للسحب العالية، إذا اقترنت بدراسة التغييرات التي تطرأ على الضغط الجوي، تمكنا في أغلب الأحيان من الحصول على معلومات خاصة عن تحركات الجبهات، وخاصة إذا تغيرت اتجاهاتها، الأمر الذي يؤدي إلى تحول في مظهر السماء مما يعرف باسم أسماء المنطقة الجبهية، إلى سماء المنطقة العرضية. و إذا بدت السحب تتراجع، والضغط الجوي يتزايد، كان هذا في الغالب دليلا على التغير في اتجاه الجبهات. كما ينتج عن الرفع غير المباشر للهواء مقادير صغيرة من السحب العدسية في طبقات الهواء العليا. إلا أن هذه السحب لا يمكن أن تلتبس بالسحب المالية التي تتكون فرق الجبهات، أو نتيجة لتجمع الهواء. ويدل تكون هذه السحب العدسية على وجود طبقة من الهواء الرطب في المستوى الذي تظهر عنده هذه السحب. كما أن وجود السمحاق الركامى يدل على قيام قدر صغير من الاضطراب في الطبقات العليا.

وليس من السهل التنبؤ عن نوع السحاب العالي ومقداره بالضبط. إلا أنه قلما نجد من العمليات ما يتأثر هذه السحب العالية. ويقتضي التنبؤ عن أشكال تلك السحب البحث عما إذا كان هناك هواء دافئ رطب بزحف فوق هواء بارد وعن مقداره إذا وجد. فإذا كان من المنتظر أن تكون طبقة الهواء الرطب، الواقع تحت تأثير الرفع طبقة صولة، كان من المتوقع أن يكون السحاب الناتج من النوع السمحاق لا كثر. أما إذا كان المنتظر أن تكون تلك الطبقة سميكة، وجب التنبؤ بتكوين السمحاق الطبقي. أما التنبؤ عن السمحاق الركامى نبالغ الصعوبة بصفة عامة، إذ أنه لا يمكن الحكم مقدما عن الدرجة اللازمة لذلك من الاضطراب الطفيف.

ومع ذلك فليس لهذا السحاب من الآثار ما يستحق معه محاولة الوصول إلى الحكم في هذا الأمر الصعب.

ويستدل من ظهور كتل ضخمة من السحب المتوسطة على أن رفعا قد حدث على نطاق واسع في الهواء الرطب، إما بصعود الهواء الدافئ.. فوق الهواء البارد، وإما بزحف الهواء البارد تحت الهواء الدافئ، أو بصعود الهواء الرطب فوق الجبال أو التلال. فإذا كانت هذه الكتل السحابة كتلا سمية، كان هذا دليلا على على طبقات الهواء المرفوعة. أما التغير البالغ الأهمية الذي يطرأ على السحاب بتحوله إلى سحاب متوسط مطال، فيستدل عليه من السقوط الفعلي للهطول في بعض محطات المنطقة موضع الاعتبار. وتؤدى دراسة بمجموعات السحب المتوسطة، إذا اقترنت بالمراقبة الدقيقة لتغيرات الضغط الجوي، إلى معرفة اتجاه حركة الجهات التي تنتج هذه السحب. كما يستطيع المتني أن يصل إلى بعض النتائج الهامة فيما يتعلق بمحطته إذا رانب تعول السحب من طبق متوسط معتم إلى طبقي متوسط هطال.

ويتكون الركام المتوسط بمقادير صغيرة نتيجة للتغيرات التي تطرأ على الركام، أما الركام المتوسط العلمي فينتج عن الرفع غير المباشر بطبقات الهواء الرطب في الجانب الخلفي من التلال، وفي الهواء الذي يعلو التيارات الصاعدة. وتدل تلاك السحب على وجود طبقة من المواه الرطب عند المستوى الذي تكون فيه. كما تدل على قيام اضطراب خفيف في هـ ذه الطبقة. ويستدل على درجة عدم الاستقرار عند مستويات السحب المتوسطة من ظهور الركام المتوسط القلعي. إما إذا كانت الطبقة أقرب إلى الاستقرار تكونت سحب طبقية متوسطة، أو خليط من الطبقة المتوسط والركام المتوسط. على أنه من الجائز أن تتكون سحب ركامة متوسطة ضخمة في الهواء البالغ الاستقرار إذا اتخذت حركة الهواء نظاما على شكل الخلايا.

ومن أصعب الأمور التنبؤ عن السحب المتوسطة، الأمر الذي تتضح

أهميته لسلامة الطيران من تكون السحب الواطئة في كثير من الأحيان أسفل السحب المتوسطة المطالة. كما أن وجود طبقة من السحاب المتوسط فوق طبقة من السحاب الواطي"، تكونت فعلا، يؤدي في أحوال أخرى إلى نقص في كمية الإشعاع الشمسي، التي كان من الجائز أن تعمل على تحلل السحاب الواطيء. ويقابل الطيار السحب المتوسطة على مستوى طيرانه أو تحته أكثر ما يقابل صحيا عالية. ويقتضى التنبؤ عن الكتل الضخمة من السحب المتوسطة تحديد مقدار الهواء الدافئ الذي يصعد على الهواء البارد، أو الهواء البارد الذي يزحف تحت الهواء الدافئ. كما يقتضي تحديد حركة الجهات. ومن المهم أيضًا تحديد الرفع الجبلى إن وجد، كما أن رطوبة الهواء المرفوع من أهم العوامل التي يلزم تحديدها في جميع هذه الظروف.

أما التنبؤ عن المقادير الصغيرة من الركام المتوسط الذي ينشأ من الركام، والسحب العدسية التي تنشأ من الرفع غير المباشر، فلا يستحق اهتماما يذكر.

ويدل وجود السحب الواطئة على تشبع الهواء على ارتفاعات قليلة، كما يدل شكل السحاب المتكون على تحركات الهواء. فالركام الطبقي مثلا يدل على حركة للهواء على شكل الخلايا، ولو أنه يبدو في بعض الأحيان أنه يدل على حركة على شكل الأمواج. أما درجة عدم الاستقرار في الطبقات الواطئة فيدل عليها وجود الركام الطبقي القلعي، في حين أن وجود الطبقي المشتق، والطبقي، والركام الطبقي بدل في كثير من الأحيان على قيام خلط رأسي في الطبقات السفلى من الجو. كما أن الركام الشقق يدل على وجود تيارات صاعدة حرارية أو جبلية، كما يعتبر دليلا مقدما على تكون الركام فيما بعد. أما إذا تحول الركام إلى ركام طبق كان هذا دليلا على انبساط التيارات الرأسية، في حين أن ظهور المزن الطبق دليل على رفع كتل كبيرة من الهواء الرطب.

ولما كانت السحب الواطئة تشكل خطرا على سلامة الطيران، كان من واجب المتنبئين الذين يعملون لخدمة الطيران أن يبذلوا عناية فائقة للتنبؤ عن هذه السحب التي يقتضي التنبؤ عنها تحديد عدد من العوامل التي لاأهمية لها في حالة السحب المالية والمتوسطة. كما أن الممال الطبوغرافية، والسطوح المائية من الأهمية بمكان في هذا الصدد. وعلاوة على ذلك فالسحب الواطئة كثيرا ما تكون مصدرا للطول، ومن هنا كانت الأهمية العظمى لما يتميز به من نشاط..

ومن أهم أنواع السحب المزن الطبقي، لما ينبع منه من هطول غرير، وما يعرف عنه من سمك عظم وارتفاع قليل. وينتظر تكونه إذا رفعت كتل كبيرة من الهواء الرطب عند الجبهات، أو بفعل الجبال أو التلال.

أما الركام الطبق فيمكن أن يتكون بواحدة من عدة عمليات مختلفة، ويجوز توقع تكونه كلما كان من الممكن أن يتحقق واحد من عدد من الظروف المختلفة. فالركام الطبقي يظهر كلما بدأ اتساع الأجزاء السفلى من السحب الركامة في أواخر النهار، أو تداخلت الركامات الضحة في أوائل النهار. كما أنه ينتج في حجوم كبيرة بفعل الخاط الرأسي الذي يمتد خلال طبقة من الهواء متوسطة السمك، وخاصة في الهواء القطى القارى الحديث. وتتكون مقادير كبيرة من الرخام الطبقي إذا أضيف إلى الهواء بخار من المطر الساقط فيه علاوة على عملية الخلط.

ويتكون السحاب الطبقي نتيجة للخلط، أو الرفع الجلي، أو نتيجة الرفع الضباب، أو بإضافة بخار الماء إلى الهواء بسبب تبخ المطر الساقط فيه. كما أنه ينتج من الخلط في الحالات التي يقل فيها سمك الطبقة المخلوطة، وتخف فيها شدة الاضطراب. ويكون السحاب في بادئ الأمر، إذا تكون بإحدى هذه العمليات، محابة طبقية مشقة، تتداخل أجزاؤه فيما بعد ليكون سحابة طبقيا.

وقد يتفق قيام الخلط مع إضافة بخار الماء من قطرات المطر المتبخرة. و يمكن التنبؤ بنجاح عند ارتفاع الطبقي الذي يتكون بالخلط بدلالة درجة الحرارة و نقطة الندى عن السطح مع افتراض معدل اديا با تيكى لانخفاض درجة الحرارة خلال الطبقة المخلوطة، فإذا كان الفرق بين درجة الحرارة و نقطة الندى عند السطح ٢ي، وكانت الرطوبة النسبية للمواء مرتفعة في بضع مئات الأقدام الأولى من الهواء الذي يعلو سطح الأرض، جاز لنا أن نتوقع تكون السحاب الطبقي على ارتفاع ٦٠٠ قدم، وذلك بفرض وجود ما يكفي من الريح لقيام خلط تام في الطبقات السفلي من الهواء. ويتوقف ما نعني بعبارة « ما يكفي من الريح، على تضاريس المنطقة. وتقدر هذه الكفاية تقديرا صحيحة تبعا الخبرة المتني. بالظروف التي تؤدي إلى تكوين السحب في المنطقة المعينة. أما السحب الطبقية التي تنتج من الرفع الجبلى فتتكون إذا واجهت الريح تلا أو تلالا، ذات ارتفاعات مناسبة وكانت الريح من القوة بحيث تجبر الهواء على الصمود حتى مستوى التكاثف الرفعي.

ويلزم ألا يقتصر تقرير المتنيء على احتمال تكوين الطبقي وارتفاعه، بل يلزم أن يشمل فوق ذلك مدة بقائه. السحاب التلى مثلا يجوز أن نتوقع بقاء، ما دام تيار الهواء الرطب يمر مواجهة للتل، أو إلى أن تصبح الرياح من القوة، أو الإشعاع الشمسي من الكفاية، بحيث تضاءل السحاب. كما أن السحاب الطبقي الذي يتكون نتيجة للخلط، يقي مدة تتوقف على رطوبة الهواء ومقدار السحاب الذي يعلوه فإذا كان مقدار الرطوبة مرتفعة في الطبقات السفلى دون غيرها (كما هو الحال غالبا بعد الة صافية) لن يبقى الحاب مدة طويلة، إذ أن التسخين الشمسي في هذه الحالة سيعمل على تقطيع أوصاله. أما سرعة هذا التسخين وشدته فتتوقفان على ما إذا كان فوق الطبقي المتكون سحاب آخر.

أما إذا تكون الطبقي في هواء بلغت الرطوبة فيه درجة كبيرة، وامتدت هذه الرطوبة العالية إلى ارتفاع شاهق فوق سطح الأرض، كان هذا مبررا لزيادة سمك السحاب الطبقى إذا امتد الخلط إلى طبقات أعلى. وفي هذه الحالة يكون سمك السحاب سبأ في إبطاء التسخين الشمسى، وبالتالى في الإبقاء على السحاب. فإذا لم يكن الهواء مستقرا مال السحاب الطبقي إلى التجزؤ مكونا قطعا من الركام، الأمر الذي قد ينجم أيضًا عن ريح بالغة القوة. وإذا كان المتوقع زيادة في سمك طبقة السحاب الزم اعتبار احتمال هطول الرذاذ منه.

وإذا تكون الطبقى في أواخر النهار، كان من الجائز أن نتوقع تزايدة في سمكه في أثناء الليل نتيجة للتبريد الإشعاع الذي يصيب السطح العلوي السحاب، إذ أن التبريد الإشعاعي يؤدي في بعض الأحيان إلى قيام حالة عدم الاستقرار. فالسحاب يبرد عند سطحه العلوي نتيجة للإشعاع الصادر منه في الوقت الذي يدفأ سطحه السفلى نتيجة لامتصاص الإشعاع ذي الأمواج الطويلة الذي يصدر من سطح الأرض، ولو أن السحاب سيقوم برد جزء من هذا الإشعاع إلى الأرض..

ويتكون الطبقي المشقق بنفس الطريقة التي يتكون بها الطبقي عندما تقل رطوبة الهواء بحيث لاتكفي لإنتاج طبقة كاملة من السحاب الطبقي، أو عندما تبلغ الرياح من القوة بحيث تسمح لأجزاء الطبقي المشقق بالتداخل لتكوين طبقة متصلة. فإذا كانت الظروف ملائمة لتكون السحاب الطبق، كان في بادىء الأمر طبقا شققا، تتداخل أجزاؤه فيما بعد لتكون السحاب الطبقى.مايؤدي رفع الضباب في أغلب الأحوال إلى تكوين سحاب طبقى مشقق أكثر مما يؤدي إلى تكوين سحاب طبقى إذا كان الرفع نتيجة للتسخين الشمس. ويكون هذا النوع من السحاب الطبقي المشقق في العادة قصير

الأجل. ومن الجائز التنبؤ عن تكون الطبقي المشقق بنجاح في معظم الأحوال التي تظهر أو ينتظر، أن تظهر، فيها كميات كبيرة من الضباب الإشعاعى.

كما يجوز أن نتوقع تكون الركام المشقق عندما تكون التيارات الصاعدة الجبلية أو الحرارية من القوة بحيث تكفي لرفع الهواء إلى مستوى التكاثف الحمل أما إذا لم يكن الهواء يعمل إلا قدرا صغيرا من بخار الماء، او لم تصل التيارات الصاعدة إلى مستوى عال، فمن الجائز أن نتوقع بقاء الركام المشقق على حاله، وإلا استمر نموه حتى يكون ركاما.

أما السحب ذات النمو الرأسي، فتعبر أحسن تعبير عن مقدار رطوبة الهواء، و درجات عدم استقراره. كما تدل السحب الركامة الضحلة على عدم استقرار الطبقات السفلي من الهواء، وقيام تيارات صاعدة حرارية أو جبلية. ولا بد من أن تبلغ هذه التيارات الصاعدة مستوى التكاثف الحمل الذي يتوقف ارتفاعه على رطوبة الهواء. فإذا استمر الركام في نموه ، حتى أصبح ركاما منتفخا كان هذا دليلا للتنبيه على قيام حالة من عدم الاستقرار المشروط في طبقة عميقه من الهواء سواء ظهر ذلك في أرصاد الطبقات الجوية العليا أو لم يظهر. فإذا توقف نمو السحاب عند مستوى معين كان هذا دليلا على ارتفاع قاعدة الطبقة الهوائية المستقرة التي تعلوه. إلا أنه يجوز من ناحية أخرى أن يتوقف نمو السحاب بسبب عدم كفاية ما يحمله من بخار الماء. فإذا جاء بالتقرير ما يدل على وجود ركام منتفخ فيجوز أن نتوقع اتساءه بشكل واضح في الكتلة الهوائية، مالم تكن المحطات التي بعثت بهذه التقارير قرية من التلال، أو من معالم أخرى تساعد على نمو الركام بدرجة تزيد على المعتاد. أما إذا استمر نمو للركام المنتفخ حتى أصبح مزنا ركاما، دل ذلك على كبر عمق طبقة الهواء التي يسودها عدم الاستقرار المشروط، كما يدل على ارتفاع درجة رطوبتها.

وتدل التطورات التي تمر بها أشكال السحب ذات النمو الرأسي، وحجومها، على التغيرات التي تطرأ على استقرار المواء. ولذا كانت هذه التطورات جدرة بالاهتمام ..

ويقتضى التنبؤ عن السحب ذات النمو الرأسى دراسة دقيقة لدرجة الاستقرار ومقدار رطوبة الهواء. وهي معلومات يمكن الحصول عليها من أرصاد الطبقات العليا، ومن تاريخ الأحوال السحابية في كتل الهواء المعنية.

فإذا ظهر أن عدم الاستقرار لا يقوم إلا في طبقة ضحلة من المواه، أو أن الهواء لا يحوي إلا قدرا صغيرا من بخار الماء، جاز التنبؤ عن تكون الركام الضحل. أما ارتفاع قاعدة هذا السحاب فيمكن تعيينها بالتقريب من رسم تيفاء البيان). كما أنه من الممكن إذا تنيء عن درجة الحرارة و نقطة الندى عند السطح في الوقت الذي ينتظر أن يتكون فيه:

(١) **Tephigram** و مو رسم مثل العلاقة بين الضغط الجوي وكل من درجتي الثرمومتر الجاف والأتل عند الارتفاعات المخلتفة.

الركام، أن نحسب ارتفاع السحاب من هاتين القيمتين، وذلك باستخدام قاعدة هان شورج.

ع = ٢٢٠ (ء – ون) بالاقدام حيث ع ارتفاع السحاب و و درجة حرارة السطح، ون نقطة الندى عند السطح بالدرجات النمر نهينية. ولو أن هذه القاعدة لاتعدو أن تكون قاعدة تقريبية، إلا أنها تعطي نتائج لا بأس بها...

وإذا توفر عدم الاستقرار المشروط في طبقة من الهواء متوسطة العمق، بحوى هواءها قدرا كافيا من بخار الماء. جاز أن نتوقع تكون الركام المنتفخ. وعندئذ يحدث التكاثف حتى ولو كان معدل النقص في درجة الحرارة قريبة من المعدل الأديا باتيكي الجاف، إذ تنطلق كميات عظيمة من الطاقة تؤدي إلى نمو

السحاب إلى أعلى نموا سريعا. فإذا اخترق السحاب طبقة مستقرة من الهواء، تعلو الطبقة التي يسود فيها عدم الاستقرار المشروط، أدى ذلك إلى امتصاص الطاقة وما يتبعه من وقف نمو السحاب إلى أعلى وتساعد رسوم التفاى المرسومة لأحدث الأرصاد، إذا اقترنت بدراسة التاريخ السيحاني لكتلة الهواء المعنية، على تعيين الارتفاع الذي يقف عنده مو السحاب.

أما إذا كان لدى المتنيء من الأسباب ما يدعوه إلى الاعتقاد بأن طبقة الهواء التي يسودها عدم الاستقرار المشروط طبقة عميقة جدا، وأنها فرق ذلك تحمل من الماء قدرا كبيرا، جاز له أن يتوقع استمرار نمو الركام المنتفخ حتى يصبح مزنا ركاما. وتتكون السحب المزن الركامة نتيجة لرفع الهواء غير المستقر إذا كان يحمل قدرا كبيرا من بخار الماء وقد ينشأ هذا الرفع عند الجبهات الدافئة، كما ينشأ على مناطق التجمع. كما يجوز أن يتكون المزن الركامى في الهواء غير المستقر إذا كان يحمل في طبقاته العليا قدرا كبيرا من بخار الماء، حتى إذا كانت طبقائه السفلى جافة ومستقرة.

ويستلزم التنبؤ عن تكون السحب ذات النمو الرأسى عناية كبرى المراعاة ماقد يطرأ على كتل الهواء من تعديلات في درجة استقرارها ومقدار الرطوبة التي تحملها. ويعمل التسخين الذي يصل طبقات الهواء السفلى على زيادة معدل انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع، أو بعبارة أخرى على قيام حالة عدم الاستقرار، أو زيادتها إذا كانت موجودة بالفعل. ويتضح هذا الأثر وضوحا تاما في الشتاء، عندما يصب التعديل الهواء القطى بمروره فوق البحيرات العظمى، حيث يتلق الهواء الحرارة من سطح الماء الدافئ، فيزداد معدل انخفاض درجة الحرارة، وتنشأ فيه احالة عدم الاستقرار. كما يؤدى مرور الهواء فوق سطح الماء إلى زيادة في مقدار رطوبته. فيتكون بذلك فوق الجزء التالي من البحيرات ركام

منتفخ ومزن ركامى بصحبة هطول رخات الثلج. أما في الصيف فإن الهواء مروره فوق سطوح المياه، يبرد من أسفل، فيقل فيه معدل انخفاض درجة الحرارة ويؤدي ذلك إلى زيادة في حالة الاستقرار. ومن هذا يتضح أن على المتنبىء عند اعتبار التاريخ السحابي لكتلة الهواء المعنية. أن يأخذ في اعتباره ما يجوز توقعه من تعديل يطرا على كتلة الهواء.

ومن الأهمية بمكان اعتبار المعالم الطبوغرافية عند التنبؤ عن تكون السحب الركامة، وخاصة الأنواع التي يزيد نشاطها. فإذا كانت في منطقة التنبؤ تلال ذات حجوم محسوسة، كانت لها آثار في غاية الخطورة الرياح التي يتوقع هبوطبها من العوامل الهامة التي يلزم أن تؤخذ في الاعتبار، إذ أن هذا يحدد مدى التيارات التي تنشأ من التلال. كما أن درجة استقرار الهواء من أهم العوامل التي تحدد المدى الذي ينتظر أن تبلغه التيارات الصاعدة. على أنه يلزم أن يكون اعتبار هذه العوامل مقرونا بدراسة وافية لمقدار رطوبة المواء

والأنهار تأثيرهام على مسارات الرخات والعواصف الرعدية الخاصة بالكتل الهوائية. حتى الأنهار الصغيرة جدا تستطيع أن تؤثر بقوة على مسارات العواصف الرعدية ذات الحجم الصغير أو المتوسط، والتي تقوم في الكتل الهوائية، إذ لا يبدو أن التيارات الهابطة التي تنشأ فوق الأنهار تستطيع أن تنذى التيارات الصاعدة القائمة في العاصفة تغذية، كافية في حين أن الأرض التي تحاور النهر تعلوها تيارات صاعدة بالقدر المناسب. وقد لوحظ هذا الأثر في كثير من الأحيان في مطار أوتاوا الذي يقع بجوار نهر ريدر، حيث تميل تلك العواصف والرخات إلى اتباع مجرى هذا النهر الصغير، والمرور بحدود المطار. ولذا كان العلم بتفاصيل المنطقة من العوامل التي تساعد على دقة التنبؤ في مثل هذه الظروف.

٩- علاقة السحب بالطيران

تؤثر السحب في جميع عمليات الطيران تأثيرا كبيرا. فالطيارون ينظرون إلى السحب لتدر على نوع الطقس المنتظر. وتوضع خطط الطيران على أساس تعافي الدخول في السحاب، الأمر الذي يعتبر مخاطرة كبرى بسبب زيادة خطر التصادم وصعوبة الملاحة.

ويستطيع الراصد الخبير أن يستدل من أشكال السحب الموجودة على ما ينتظر أن يؤول إليه الطقس في المستقبل القريب. كما أن على قائد الطائرة أن يقارن بين أرصاده عن السحب و بين المعلومات التي يقدمها له بيان التنبو الخاص بالطيران، إذ أنه بهذا يستطيع أن يختبر دقة التنبؤ اليجري عليه ما يراه من تعديل على ضوء أرصاده المباشرة. كما أنه قد يحدث في بعض الأحيان أن لا تتهيأ الفرصة للطيار للحصول على نشرة التنبؤ. ولكنه يستطيع بمهارته في هذه الحالة أن يعمل بنفسه، بعد دراسة دقيقة الأشكال السحب، أن يكون فكرة لا بأس بها عن جميع عمليات الطقس الجارية، أو التي ينتظر أن تجرى على خط طيرانه أو بالقرب منه. او تدل الأشكال التي تتخذها السحب على درجة الاضطراب القاتم في الجو. فالسحب الركامة تدل عادة على هواء مضطرب، بينما تدل السحب الطبقية على هواء هادئ. أما السحب التي تظهر عليها ميزات النوعين معا، كما هو الحال في الركام الطبية أو الركام المتوسط، فتدل على درجات طفيفة من الاضطراب الجوي. فإذا حاول الطيار دخول السحاب، أو اختراته، ساعدته درجة الاضطراب القائم في السحاب على الاستدلال على نوع الهطول المنتظر إذا نشأ. فإذا زادت درجة الاضطراب في

سحاب كان المتوقع أن تكون القطرات من الحجم الكبير..

لنا في السحب دليلا على حالات الرطوبة الجوية. فالطيار على علم بأن الهواء الذي يقع تحت السحب الركامة مباشرة هواء تعلو فيه الرطوبة النسبية إلى درجة كبيرة. وسيساعده علمه هذا على توقع ظروف تجمع الثلج على الكاربوريتير. وإذا وجد أن السحب الركامى تنخر عند قمها، بدلا من أن تنمو إلى أعلى لتكون أبراج كبيرة، إذا وجد ذلك فهو على علم بأن الهواء الذي يعلو قم السحاب هواء جاف لا يحمل إلا قدرة صغير أمن بخار الماء. أما السحب العدسية فتدل على وجود طبقة رطبة جدا من الهواء على الارتفاع الذي تشاهد فيها.

وبينما يسهل على معظم الطيارين الاستدلال على حالة الطقس من أشكال السحب ذات المناظر الأخاذة، كالمزن الركامى، إلا أنه من الصعب عليهم أن يستدلوا على شيء من هذا القبيل من أشكال السحب الجبهية. على أن دراسة السحب العالية والمتوسطة التي تقع على خط الطيران، أو بالقرب منه، كثيرا ما تفيد في الاستدلال من حيث وجود هواه دافئ يزحف فوق هواء بارد، كما تفيد في الاستدلال على صفاته.

فإذا اتجه الطيار نحو الجبهة الدافئة مباشرة، من الجانب الذي يقع فيه الهواء البارد، واجهته السحب المتتابة التي تتميز بها الجبهة الدافئة. ولهذا يجب أن يكون على علم بأنواع السحب وأحوال الطقس التي ستعترض طريقه بعد ذلك. فتتابع السمحاق، الذي يتزايد سمكه تدريجيا، المتغير إلى السمحاق الطبقي ثم إلى الطبقة المتوسط، دليل على أنه لم يهد بعيدا عن الهطول. فإذا حدث هذا قبل الوقت الذي حددته نشرة التنبؤ أو بعده، فعلى الطيار أن يعدل في النشرة بما يتفق مع التغير الواضح في سرعة الجبهة. وعليه أيضًا، بمجرد

أن يتكاثف الطبقي المتوسط، أن يتوقع اقترابه من الهدب التي عليها المطر والثلج. وسيجد نفسه بعد قليل مضطرا في بعض الحالات إلى الهبوط تحت سحاب واطي، أو إلى الطيران بين طبقتين من السحاب. فإذا وصل إلى المرحلة التي يتحول فيها السحاب إلى من طبقي، تنخفض قاعدته بالتدريج، أصبح لزاما عليه أن يهبط إلى ارتفاع أوطأ، أو أن يدخل السحاب.

وللطيران فوق سحب الجبهة الدافئة خصائص معينة إلى حد ما، ولو أن التغيرات التي تمر بها قمر السحاب لا يمكن في العادة ملاحظتها بنفس السهولة التى تلاحظ بها التغيرات التي تمر بها قاعدة السحاب. فإذا كانت هناك عواصف رعدية، كانت روسها واضحة، وأصبح من البساطة تجنب المزن الركامى. وإذا كان الطيران من الشرق إلى الغرب كان من السهل تحديد موضع الجهة بانتهاء السحاب إنتهاء خائيا، أو بالنقص الواضح في إهداها الرأسي. كما أن السحاب يتغير عند الجبهة من مزن طبقي إلى طبقي من النوع الخاص بالقطاع الدافئ، إلى أن ينتهي تماما. وإذا حدث ضباب انتقالي في القطاع الدافئ بدا من أعلى كما لو كان سحابة طبقيا. أما سحب الرخات والعواصف الرعدية التي تشاهد في القطاع الدافئ عندما تتوفر في الهواء درجة كبيرة من الرطوبة وعدم الاستقرار، فتختلف اختلافا بينا عن سحب الجبهة، إذ أنها لا تبدو في ترتيب منتظم.

ويساعد الطيران في الهواء البارد، بعيدا عن الجبهة الدافئة، على تبيان الترتيب المميز للسحب مرتبة في الاتجاه المكسي، بحيث تختفي السحب السفلي من تحت الطائرة، أو من فوقها، إذا كانت تحلق على مستوى واطئ قريب من الأرض. ثم ترتفع من قاعدة السحاب بالتدريج، وتغير السحب من مزن طبقي إلى طبق متوسط. أما الهطول فيتحول بالتدريج إلى متقطع، ثم إلى هدب، ثم

يختفي تماما. وبعد ذلك يأخذ سمك الطبقي المتوسط في التناقص التدريجي إلى أن يتحول بالتدريج إلى سحاق طبقي، فسمحاق، حتى يختفي تماما.

أما الطيران في القطاع الدافئ نحو الجبهة الدافئة، فيكشف من أعلى عن كتلة ضخمة من السحاب تنتظم قمتها إلى حد ما.

أما إذا حدث تجمع عند أخدود من الضغط الواطئ، دون وجود أي جبهات، أدى ذلك إلى تتابع في السحب والطقس يشبه إلى حد كبير ما يظهر منه عند الجمة الدافئة، سواء من أعلى السحاب أو من أسفله.

وإذا كان الطيران من القطاع الدافئ إلى جبهة باردة نشطة، شاهد الطيار كتلة ضخمة من السحاب. تمتد كثيرة في الاتجاه الرأسي. فإذا كان القطاع الدافئ غير مستقر، ويحتوي هواؤه قدرا كبيرا من بخار الماء، كانت هذه السحب مزنا ركامى. وهذا النوع من السحاب يشكل خطرا جسمها على الطيران. فإذا ما اقترب من هذه السحب ذات النو الراسي وجد أمامه عادة طبقة منتظمة من الركام المتوسط. ولا يختلف كثيرا مظهر الجبهة الباردة من القطاع البارد عن مظهرها من القطاع الدافئ. فيما عدا عدم ظهور الركام المتوسط في بعض الأحيان. ويجدر بنا هنا أن نعود ونقول إن ظهور السحب في نقط على الطريق، لم تتوقع ظهورها فيها، دليل على تحرك الجبهة.

وتتميز الجهة الملتئمة بمجموعة من السحب. فإذا كان الطيران من الشرق إلى الغرب خلال مجموعة من هذا، شاهد الطيار في باديه الأمر سمحاق) يتزايد سمكه حتى يصبح سمحاقة طبقا، يستمر سمكه في الازدياد حتى يتحول إلى طبق متوسط، قد يسقط الهطول منه، فيؤدي ذلك إلى تكوين سحاب واطئ بسبب تبخر قطرات المطر وعودة البخار إلى التكاثف. فإذا استمر الطيار في طريقه المرسوم قابل مزنا طبقيا

يسقط منه المطول بشدة متزايدة، وتنخفض قاعدته بالتدريج. وكثيرة ما يوجد المزن الركامي ولكنه يبقى محتجبة في المزن الطبقي. ثم تنتهي كتلة السحاب على الجانب الغربي من المجموعة، حيث توجد رقع كبيرة من الركام المتوسط. ويشترك نوعا الالتئام الجبهي في ذلك المظهر كما يبدو من أعلى. على أن مدى النمو الرأسي للسحب يتوقف إلى حد كبير على مقدار رطوبة الهواء، وعلى سرعة حركة المجموعة. أما إذا كان الطيران من الغرب إلى الشرق شاهد الطيار نفس السحب مرتبة ترتيبا عكسيا.

وتوقف الظروف التي يلاقيها الطيار، عندما يطير في الجزء الشمالي من المنخفض، على بعد خط طيرانه من مركز المنخفض. وعلى درجة النشاط السائدة فيه. فإذا كان خط الطيران على بعد كبير من المركز لاقي الطيار مقادير كبيرة من السمحاق. أما إذا كان أقرب من هذا بقليل كانت السحب التي تلاقيه من السمحاق الطبق. فإذا اقترب من المركز بعد ذلك لاقي سحبة طبقية متوسطة أو طبقية. وكثيرا ما يشاهد الأول الذي يصحبه انخفاض قاعدة السحاب.

وأما في حالات الطيران بعيد المدى، مثل الرحلات عبر المحيطات، فلا يبعد أن يرى الطيار منخفضات بأكملها، يستطيع الطيار أن يتخذ خط طيرانه فوقها ليراها من أعلى، أو على جانب منها ليرى لها منظر جانبية.

ويلزم أن نتفق خطط الطيران على الخطوط الجوية مع الأحوال السحابية القائمة والتي ينتظر أن تقوم. على أن للطيار عادة أن يرسم خطته بحيث يتجنب الطيران داخل السحاب، فيحاول الطيران على مرأى من الأرض، أو فوق السحب، أو بين طبقاتها. ويعتمد كثير من الطيارين الخصوصيين، في الملاحة الجوية، على مراقبة الأرض في أثناء طيرانهم لعدم حيازتهم للأدوات المناسبة

اللازمة للطيران داخل السحب. الطيران فوق السحب، أو بين طبقاتها يستلزم عادة استخدام المعدات اللاسلكية. وكثيرا ما يعوق وجود السحاب استخدام الرياح الملائمة التي قد تسود في مستوى السحاب.

وللسحب كثير من الخواص التي تؤثر على الطيران داخل السحاب أو فوقه. فاتصال السحب، والاضطراب القائم فيها، وكثافتها ودرجة حرارتها، وارتفاع قاعدتها، وسمكها، كلما، تلعب أدوارا هامة.

اتصال السحاب عامل له خطورته البالغة، فالطيار رحب بوجود بعض الفتحات في السحاب الذي يطير فيه أو فوقه، إذ أنها تسمح له، إن وجدت بوفرة كافية، بطيران الرؤية داخل السحاب أو فقه. أما الفتحات الكبيرة فتساعد عرالملاحة على أية حال بالساح اللطيار بالتحقق من العلامات البارزة، الأمر الذي يفيد كثيرا إذا كانت الملاحة تعتمد على الحساب.

كما أن الدرجة الاضطراب السائدة في السحاب خطورتها إذا كان الطيران يجري داخل السحاب، إذ أن الهواء الخشن يجعل الطيران الآلى من الصعوبة بمكان. كمالا من تأثير الاضطراب على راحة الركاب في عمليات الطيران.

ويجب أن توضع درجات الحرارة داخل السحاب. موضع الاعتبار عند وضع خطط الطيران، فكثيرا ما يحوى السحاب قطيرات من الماء تحت المبرد، الأمر الذي يؤدي في أثناء الطيران داخل السحاب إلى تكوين الجليد على الطائرة. ويتوقف معدل تكوين هذا الجليد إلى حد كبير على درجة حرارة تلك القطيرات. وهنا يجدر بنا أن تنوه بخطورة الاضطراب مرة أخرى. إذ أن السحب التي يشتد فيها الاضطراب تحمل قطيرات أكبر حجما وأشد برودة. أما في السحب التي لا يسودها الاضطراب فتحمل عادة قطيرات أصغر، مما يخفف من خطر تكوين الجليد على الطائرة. كما أن كثافة السحاب تؤثر على معدل

تكون الجليد، إذ أنها تحدد عدد القطيرات التي تصطدم بالطائرة. أما إذا كان السحاب لا يحوي غير بللورات الثلج، فإن تكون الجليد على جسم الطائرة لا يشكل خطرا محسوسأ. أما تكون الجليد على الكاربوريتير فله خطره على الطيران، سواء كان ذلك خارج السحاب أو داخله، ولذا لا يمكن اعتباره من الصعوبات الخاصة بالطيران داخل السحب.

أما كثافة السحاب فلا تسبب متاعب ذات بال للطيار الذي يقود طائرته في السحاب أو فوقه، فيما عدا أنها أحد العوامل التي يتعين بها الارتفاع الذي يستطيع عنده الطيار أن يكون على مرأى من الأرض. وحدد ارتفاع قاعدة السحاب النهاية العظمى للارتفاع الذي يمكن أن يجرى عليه طيران الرؤية، والارتفاع الذي يعود عنده الطيار الطيران الرؤية بعد أن يكون قد حلق في السحاب أو فوقه. كما أن ارتفاع قاعدة السحاب بالنسبة الأرض المنطقة من أهم العوامل في تعيين المستوى الذي يجوز أن تصل إليه الطائرة مع الاحتفاظ بسلامة الطيران عند رسم الخطة الطيران داخل السحاب أو فوقه كما أن الارتفاع فوق أرض المنطقة من الأمور المهمة فيما يتعلق بالهبوط تحت قاعدة السحاب. أما ارتفاع السحاب بالنسبة إلى التلال فهو العامل الذي يتقرر به، في حالة طيران الرؤية، ما إذا كان من المستطاع القيام بعملية الطيران بسلام.

أما سمك السحاب فيعين الوقت اللازم قضاؤه فيه عندما يشرع الطيار في الصعود أو الهبوط خلاله، و تتضح أهمية عامل السمك بصفة خاصة عندما تسود ظروف تكون الثلج في السحاب. ويتوقف السمك الفعال من حيث الزمن، إلى حد كبير على معدل الصهود أو الهبوط، الذي يختلف بدوره تبعا لنوع الطائرة، وما تنقله من أحمال.كما يختلف تبعا للوسيلة التي تطير بها الطائرة.

ولا تؤثر السحب المائية بدرجة محسوسة عل عمليات الطيران، إذ أن هذه السحب تتركب في الغالب من بللورات ثلجية لاتشكل خطرا من حيث تجمع الثلج. ولو أن بعض السحب السمحاقية الركامة تتركب امن قطرات مائية. إلا أن كثافة السحاب من القلة، وقطيراته من الصغر والبرودة، بحيث لا ينشأ عنها اى خطر محسوس من أخطار تجمع الثلاج على الطائرة. كما أن السحب المالية تبلغ من الارتفاع ما يمنع خطر اصطدام الطائرة بالتلال. ويستغل الطيارون هذه السحب العالية في مراقبة اقتراب هواء دافي. يزحف فوق هواء بارد.

كما أن الركام المتوسط لايعد مشكلة خطيرة للطيار. فهو سحاب يتركب من بللورات من الثلج أو من قطيرات من الماء تحت البرد، يغلب أن تكون من الصفر والبرودة بحيث لا تشكل خطرا ما من تجمع الثلج على الطائرة. أما إذا كان الطيران تحت الركام المتوسط فإن الطيار يجد نفسه طائرا وسط قطيرات الهدب الهابطة، ولو أنه قد يطير في المطر أو الثلج وفي بعض الحالات النادرة. على أن الركام المتوسط على أية حال سحاب غير متصل، إذ تتخلله بعض الفتحات وكثير من الرقع الرقيقة.

وتتركب الأنواع الرقيقة من السحب الطبقية المتوسطة من بللورات الثلج، ولذا كانت من السحب التي لا تشكل أي خطر من حيث تجمع الثلج. أما الأنواع السميكة من الطبقي المتوسط فتحوى قطيرات من الماء تحت المبرد. ولذا كانت من السحب التي تشكل خطرا بتجمع الجليد فوق الطائرة. على أن كثافة الطبقي المتوسط شبه الشقاف من القلة بحيث الا يبلغ معدل تجمع الجليد حدة كبيرة، حتى إذا كان السحاب يتركب من قطرات الماء تحت المبرد. ويكون الطبقة المتوسط عادة من السحب المتصلة المسافات طويلة. ويواجه الطيران تحت الطبقي المتوسط مشكلة المرور في المطول. كما أن الطبقي المتوسط المطال

أكثر كثافة في العادة من الطبقي المتوسط شبه الشفاف. ولذا كان الخطر الناجم من تجمع الجليد فيه أكبر بكثير.

وكلا هذين السحابين المتوسطين أعلى بكثير، في أغلب الأحيان، من أعلى رقعة على سطح الأرض. وتكون طبقات السحاب التي تتكون من خليط من الركام المتوسط والطبقة المتوسط، طبقات متصلة، وكثيرا ما يسقط منها الهطول. أما أخطار هذا الخليط، من حيث تجمع الجليد، فتشبه إلى حد كبير الأخطار التي تنجم في الأنواع السميكة من الطبقي المتوسط.

ويدل على زحف الهواء الدافئ فوق الهواء البارد ظهور طبقات متسعة من الطبقي المتوسط.كما يدل الشكل الذي تتخذه السحب المتوسطة، في بعض الأحيان، على ظروف الجو الاستقرارية. فالركام المتوسط القلعى مثلا، يدل دلالة واضحة على قيام درجة خفيفة من عدم الاستقرار في المستوى الذي يتكون عنده السحاب. كما أن الطبقي المتوسط يقدم دليلا مفيدة للطيار على اقترابه من المطول.

وكثيرا ما تشكل السحب الواطئة أخطارا كبيرة على سلامة الطيران. أهمها قرب قاعدة السحاب من سطح الأرض. فبعض هذه السحب- يحط بالتلال بحيث يشكل خطرا حقيقيا باحتمال التصادم مع هذه. التلال. كما أن السحب الواطئة تكون في العادة أكثر كثافة من المتوسطة والعالمية، مما يؤدي إلى زيادة معدل تجمع الجليد إذا سادت درجات. الحرارة المناسبة لهذه العملية..

ويشكل نمو الطبقي المتوسط، إلى مزن طبقى، خطرا كبيرا على الطيار الذي يحلق داخله. فقاعدة السحاب قد تنخفض كثيرة، وبذا يزيد خطر الهبوط في المطار زيادة كبيرة. وقد يزيد الخطر مرة أخرى. بسبب ما يوجد من سحب طبقية مشققة تحت المزن الطبقي، أو متصلة به، تكون قد تكونت في المطر

الذي يهطل عادة من المزن الطبقي. فإذا كان البطول من الثلج، كان الهطول ذاته خطرا كبيرا في حالة الهبوط. وكثيرا ما يكون المزن الطبقي على درجة من الاضطراب تكفي لخلق الصعاب في وجه الطيران الآلى أو التشكيلي. وتزيد صعوبة الطيران التشكيلي بسبب ما يتميز به هذا النوع من السحاب من كثافة عالية. ويكاد يكون من المحقق أن يواجه الطيران تحت المزن الطبقى مشكلة هطول المطر أو الثلج بكميات وافرة.

والطبقي عادة سحاب واطيء جدا. واطيء إلى حد أن يصبح طيران الرؤية تحته من المستحيلات، فما عدا إذا كان السحاب فوق أرض. منبسطة، أو فوق البحر. كما أنه يحيط بالتلال، ما يشكل خطرا عظيما على عملية الهبوط، مالم يكن الطيار على علم تام بمكانه وارتفاعه. والطبقي عادة سحاب ناعم جدا. على أن أسم طرق الطيران، وأكثرها شيوعا في المناطق التي تكثر فيها السحب الطبقية هو الطيران فوق السحب، أو بين طبقاته، بحيث لايهبط الطيار إلافي المقر النهائي. وقد يبلغ الطبقي من الكثافة حدا يعوق رؤية الأرض منه إلا من مستوى قريب جدا من قاعدة السحاب.

أما الطبقي المشقق فلا يشكل في العادة خطرة على الطيران يعادل الخطر الذي يشكله الطبقي، ولو أن هناك خطرة جسمها ينجم عن احتمال اندماج أجزائه معا لتكون محابا طبقيا متصلا. فمن الممكن أن يقوم الطيار أحيانا بعملية الطيران الرؤية على ارتفاع فوق قمة السحاب الطبقي المشقق، بسبب وجود الفتحات فيه. إلا أن الطبقي المشقق الواطي. قد يخفي التلال، ولو أن عدم اتصال السحاب يخفف من شدة هذا الخطر. والطبقي المشقق ليس من السحب الكثيفة، إلا أنه قديشكل خطرا في المناطق القريبة من المطار، وبصفة خاصة عند اقتراب لطائرة.

ويندر أن يشكل الركام الطبق خطرا جسمها. إذ أن امتداده الراسي من الصغر بحيث يمكن اختيار طريق الطيران فوقه أو تحته على حد سواء.

كما أن الفتحات التي تتخلل بعض أنواعه من العوامل التي تساعد على الملاحة فوق السحاب أو داخله. ويبلغ ارتفاع قاعدة معظم السحب الركامية الطبقة حدا يسمح بطيران الرؤية تحت السحب، زد على ذلك أن الركام الطبقي لا يسقط منه في أغلب الأحيان هطول ما. إلا أنه قد يسقط منه أحيانا كميات من الثلج تكفي لتشكيل خطر على الطيران، مزيد جسامة إذا أخفي الركام الطبقي في داخله ركاما كشفا أو مزنا ركاما.

أما الركام الضحل في حد ذاته فلا يؤثر على الطيران إلا بدرجة طفيفة. ولكن وجوده يدل على وجود تيارات صاعدة. فإذا شاهد الطيار، الذي يعمل على الخطوط الجوية، طبقة من الركام، كان هذا دليلا على أنه من الأنسب لركاب طائرته أن يحلق بهم فوق قم السحاب. أما بالنسبة لقائد الطائرة الشراعية، فيدل وجود طبقة الركام على وجود تيارات صاعدة بستطيع باستغلالها كسب ارتفاع كبير.

وبدل الركام المنتفخ على نشاط أكثر عنفا. ويجوز أن يتخذ وجوده دليلا على احتمال سقوط بعض الرخات. ولما كان هذا النوع من الركام يخترق طبقات الهواء إلى ماهو أعلى من مستوى التجمد، كان من الجائز أن يتكون الجليد على الطائرات التي تحلق في أجزائه العليا.

أما المزن الركدامي فهي أخطر ما يكون على الطيار. فالتيارات الرأسية البالغة الشدة، وما يتبع ذلك من اضطراب عنيف، من العوامل التي تجعل من الطيران أمرا صعبا وخطيرة. كما أن التغيرات العنيفة المتلاحقة التي تطرأ على سرعة الطائرة، قد تعرضها لإجهادات تزيد كثيرا على ما صممت له، مما يؤدى

إلى إصابة هيكلها بتلف كبير، زد على ذلك أن الاضطراب القائم في السحاب كثيرا ما يؤدي إلى أن يفقد الطيار سيارته على الطائرة، ولو أن الأبحاث الحديثة، التي قامت بها هيئة دراسة المواصف الرعدية بالولايات المتحدة الأمريكية، قد دلت، على ما يبدو، على أن الاضطراب في كثير من العواصف الرعدية أقل عنفا ما كان يظن. إلا أن البرد يصيب الطائرة في بعض الأحيان بتاف عظيم إذا طارت داخل هذه السحب أو تحتها، أو تحت سندان المزن الركامى السندان كما أن قطرات الماء تحت البرد تزيد من خطر تجمع الجليد بسبب وفرة عددها وكبر حجمها. أما التلف الذي يصيب الطائرات الحديثة من البرق فهو من التفاهة بحيث يمكن التجاوز عنه، إذ أن هذه الطائرات تبني كلها من المعدن، وتربط أجزاؤها بعضها ببعض ربطا قويا، فتسطيع بذلك أن تتحمل التفريغ الكهربي دون أن يصيبها أي ضرر. إلا أن التفريغ الكهربي قد يسبب تلفا عظيما لمعدات اللاسلكي، أو قد يدمرها تدميرا تاما إذا مر التفريغ خلال جهاز الراديو، ولو أنه من الممكن تجنب هذا الخطر بنجاح في أغلب الأحوال، بتوصيل الهوائي بسلك الأرض، وطيه إذا كان مفرودا. وقد يدمر البرق أحيانا رأس مقياس السرعة، فتتعطل آلات الطيران عن أداء وظائفها. أما الإصابات الشخصية لربان الطائرة في المواقف الرعدية فنادرة الوقوع. إلا أن العمى المؤقت الذي يصيب الطيار بسبب الوهج الشديد الناتج من البرق القريب قد يفقده السيطرة على الطائرة في بعض الأحيان، ولو أنه من الممكن التغلب على هذا بإضاءة غرفة القيادة.

وفي الإمكان الطيران حول العاصفة الرعدية دون صعوبة. إلا أن العواصف الجهية أشد خطورة في أغلب الأحيان.فكثيرا ما تبلغ قيم المزن الركامى من الارتفاع ما يجعل من المستبعد نجاح محاولة الطيران فوق السحاب،

إلا إذا كانت الطائرة من النوع الذي يستطيع التحليق على الارتفاعات الشاهقة. أما الطيران خلال العاصفة الرعدية فلن يكون مقبولاً إلا إذا لم يكن هناك مفر من ذلك.

ومن الخطر أن يحلق الطيار بطائرته داخل السحب الطبقية إذا كان. تخفي في داخلها مزنا ركاميا، الأمر الذي يكثر وقوعه بصفة خاصة في العواصف الرعدية التي تصحب الجهات الدافئة. كما أن العواصف الرعدية التي تصحب الكتل الهوائية تحتجب أحيانا داخل الركام الطبقي عن أنظار من يحاول أن يرى قواعدها. وإذا وجدت السحب الركامة بأعداد وافرة فقد تجعل من الصعب الكشف عن وجود المزن الركامى. إلا أنه من الممكن رؤية هذه السحب من ارتفاعات عالية بسبب علوها الهائل. كما أن جهاز الراديو الموجود في الطائرة يتأثر بشكل ملحوظ عند الاقتراب من العواصف الرعدية، وينبه بذلك إلى وجودها بالقرب من الطائرة.

١٠- سحب الاستراتوسفير

اقتصر الكلام في الأبواب السابقة على السحب التي تشاهد في التروبوسفير. إلا أن أنواعا خاصة من السحب تظهر نادرة على ارتفاعات أعلى من هذا بكثير، في الاستراتوسفير. تظهر هذه السحب، التي تعرف باسم السحب الصدفية، و. السحب المضيئة الليلية، على ارتفاعات تتراوح بين ٢٢، ٣٠ كيلومترا، و بين ٨٠، ٩٠ كيلومترا على الترتيب. ولما كانت هذه السحب على ارتفاعات يقل فيها بخار الماء، أو ينعدم، على ما هو مفروض، فإننا لم نتمكن حتى الآن من الوصول إلى حقيقة تركيبها.

وقد تكون هذه السيحب العالية جدا الوسيلة التي نستعين بها في الوصول إلى حقائق جديدة عن الطبقات الجوية العليا. إذ أننا لا نعرف سوى النزر اليسير عن المنطقة التي تتكون فيها السحب المضيئة الليلية، كما أننا لا تملك من وسائل الحصول على معلومات عن هذه المناطق سوى القليل جدة. أما المنطقة التي تتكون فيها السحب الصدفية فلا تبعد عنا مسافة طويلة، إلا أنه ما زال من الصعب دراستها. وعلاوة على ذلك فهذه السحب في حد ذاتها من الظواهر الجميلة التي تستحق الاهتمام.

السحب المضيئة الليلية

تمكن فستين من الحصول على بعض الصور البديعة للسحب المضيئة الليلية، في ألبرتا عام ١٩٣٣. كما قام بدراسة مستفيضة لبض الحالات المجلة الأخرى، ومدى ما كان معروفا عنها.

وقد وضع فستين طريقة لتحديد ما يمكن أن يكون الحد الأدنى للارتفاع

بأخذ رصدة واحدة. واستخدم هذه الطريقة في حسابات النهايات الصغرى الارتفاعات السحب التي رصدت في مينوك بالبرتا، فكانت نتاتح حساباته ٥١، ٥٧، ٥٠، ٠ كيلومترا. كما عينت ارتفاعات السحب المضيئة الليلية بأخذ صورتين فوتوغرافيتين آنيتين من محطتين تفصلهما مسافة معلومة، على أرضية خلفية واحدة من النجوم. وقد اتفقت النتائج التي حصل عليها عدد من الراصدين اتفاق لا بأس به. فقد حصل جيسيه في فصول الصيف من الأعوام ١٨٨٩ – ١٨٩١ على نتائج تتراوح بين ٧٩، ٩٠ كيلومترا، بمتوسط قدره ٨٢,٠٨ كيلومترا. كما حصل شتورمر في عام ١٩٣٢ على نتائج بلغت ٨,٨ كيلو مترا في ١٠ يولية، ٨١,١ كيلو مترا في ٤ يولية. وكان المتوسط لعدد بلغ ٣٧ من الارتفاعات التي حصل عليها شتورمر من ٧ أزواج من الألواح الفوتوغرافية، ٨١,١ كيلومترا.

والسحب المضيئة الليلية من الرقة بحيث تبدو شبيهة بالسمحاق أو السمحاق الطبق. وتتعرض هذه السحب التغيرات سريعة تجعل من الصعب تمييز تفاصيلها في بضع دقائق. وتشاهد هذه التغيرات في شدة استضاءة السحب، وفي ألوانها. وقد تشاهد هذه التغيرات في أوقات مختلفة، كما قد تشاهد في أثناء الرصدة الواحدة. ويبدو أن هناك ملا عامة لخفوت الاستضاءة إلى نهايتها الصغرى في منتصف الليل، على أن زيد فما بعد. أما ألوان السحب، فقد شوهد منها الأصفر، والأخضر، والبرتقالي، والأبيض. أما التغيرات التي تطرأ على الألوان فقد شوهدت وهي تحدث مع التغيرات في موضع السحب بالنسبة للأفق. فإذا كانت السحب على ارتفاع زاوي قليل كان لونها ذهبيا أو برتقاليا ماثلا إلى الحمرة.

حتى إذا ارتفعت على الأفق تغير لونها إلى الأبيض، أو الأبيض المائل إلى

الزرقة. فإذا ارتفعت بعد ذلك تغير لونها إلى الرمادي المائل إلى الزرقة.

أما طيفها فيشبه طيف ضوء النهار، طيف مستمر تظهر عليه خطوط فرهوفر بوضوح. ويدل عدم ظهور اللون الأحمر في طيف السبب المضيئة الليلية، في الارتفاعات النارية الكبرى، أن جزءا كبيرا من الضوء المنعكس منها لم يكن قد مر خلال التروبوسفير. فالضوء الذي يمر خلال التروبوسفير، الكثيفة نسبيا، لا بد أن تتشتت أمواجه القصيرة، ويظهر فيه فائض من الضوء الأحمر. وقد وصف بعض الراصدين الضوء الصادر من تلك السحب بأنه ضوء مستقطب، ولكن رصدة واحدة أخذها هليمو لتر دلت على عكس ذللك. ويبدو أن الدقائق التي تتركب منها هذه السحب تشتت الضوء الأزرق وتسمح بمرور الضوء الأحمر.

وتدل الدراسات الإحصائية، للأرصاد المبلغة، على أن هناك نهاية عظمى بعد الانقلاب الصيفي باثني عشر يوما، مما دعا البعض إلى أن يقترح أن طول فترة الإشعاع الشمسي في هذا الفصل يجوز أن يكون عاملا يؤدي إلى تكوين السحاب إذا كانت الظاهرة تتضمن أية تفاعلات كيميائية. على أنه يبدو أن الأرصاد المأخوذة حتى الآن ينحصر أغلبها في مناطق خطوط العرض العليا.

وقد عينت سرعة بركة هذه السحب في بعض الحالات فكانت سرعات. كبيرة جدا. وقد أعلن جيسية عن سرعات بلغت ١٧٧ مترا في الثانية، ما يعادل ٤٠٠ ميل في الساعة.

ويبدو أنه من الجائز أن يرتفع عدد أرصاد السحب المضيئة الليلية لو لم تبلغ بعض الحالات خطأ على أنها الوهج القطبي، ويؤيد هذا الرأي عدد الحالات التي تبلغ على أنها الوهج القطبي في أجزاء السنة التي تكثر فيها حالات التبليغ عن السحب المضيئة الليلية، كما يؤيد هذا : الرأي أيضًا أرصاد

الوهج القطى التي تعلن في الأوقات التي يعلن فيها ظهور السحب المضيئة الليلية في مناطق أخرى.

ولا نعرف حتى يومنا هذا حقيقة المادة أو المواد التي تتركب منها هذه السحب. ويعزو جيسيه تكون هذه السحب إلى رمادة أجنبية تصل إلى ارتفاع ٨٢ كيلو مترا، هي نتاج تكاثف الغازات التي تدفعها البراكين المتفجرة إلى ارتفاعات شاهقة. وقد أعلى كل من وجينر عام **١٩٢٩** وفيجارد في عام **١٩٣٣**، رأيه بأن هذه السحب تتألف من بللورات من الثلج. إلا أن هذه النظرية تقتضى أن تنخفض درجة الحرارة عند مستوى السحب المضيئة الليلية عما هو مفروض فيها في الوقت الحاضر. فقد وصل همفريز بالحساب إلى أن درجة الحرارة اللازمة لتكون بللورات الثلج عند هذا الارتفاع يلزم أن تصل في انخفاضها إلى – ١٣م. في حين أن الدراسات الأخيرة التي أجريت على الطبقات الجوية العليا أوضحت أن درجة الحرارة السائدة هناك حوالي ٢٧م. إلا أن درجات الحرارة في الطبقات الجوية العليا غير معروفة في الوقت الحاضر إلى درجة من التحقيق تسمح بقبول أو رفض أية نظرية تتعلق بالمواد التي تتركب منها السحب المضيئة الليلية، على أساس الظروف الحرارية وحدها. إلا أنه يبدو في ظل درجات الحرارة التي نعتقد أنها تسود في مستوى هذه السحب، أما إن تكونت من الماء في صورة من صورة، فلابد أن يكون الماء في صورة قطرات مائة.

وقد وضع البعض اقتراحا يفرض أن دقائق الغبار في المادة التي تتكون منها السحب المضيئة الليلية. وقد حسبت حجوم تلك الدقائق من تشتت الضوء الأزرق، فوجد أن متوسط أبعادها يبلغ **١٠٨٢** مسم. كما يدل ظهور الخط و في طيف السماء أثناء الليل على احتمال وجود ذرات الصوديوم على

ارتفاع ٢٠ كيلومترا. وقد ينشأ ذلك من دقائق أملاح المحيطات التي تصل إلى ارتفاعات أعلى بكثير ما كنا نتوقع من قبل. فإذا صح هذا أجاز أن تكون دقائق الملح ذاتها هي المادة التي تتركب منها هذه السحب، أو تكون هي نوى التكاثف او التسامي وإذا كانت السحب المضيئة الليلية تتركب من الماء في أية صورة من صوره، فلا بد أن يوجد بخار الماء في طبقات من الجو اعلى بكثير مما كنا نظن أن البخار يصل إليها. فإذا نجه بخار الماء مرة في الوصول إلى ارتفاع المستويات التي تعلو فيها درجات الحرارة، فليس لدينا من المبررات ماجيز لنا أن ننكر إمكان وصوله إلى مستوى السحب المضيئة الليلية. ويستلزم وصول بخار الماء إلى طبقات الجو العليا، أن يخترق البخار طبقة يبلغ سمكها حوالي ١٠ كلو مترا من الهواء البارد فوق التروبوبوز. فإذا لم يكن هناك ما يؤيد فرصة انتشار بخار الماء خلال التروبوبوز، كان من الجائز أن يصل بخار الماء إلى المستويات العليا في مناطق خطوط العرض التي يزيد فيها ارتفاع التروبوبوز،م يبقي عند هذه المستويات العليا. إلا أن هذا ما زال يتضمن مرور بخار الماء خلال التروبوبوز، ولكنه من الصعب أن نفرض أن التروبوبوز حاجز له من المناعة ما بوقف هذه العملية..

وقد اقترح البعض أن الغبار الصادر من البراكين المتفجرة، هو المادة التي تتركب منها هذه السحب. إلا أنه يبدو أن هناك شكا كبيرا في إمكان بقاء هذا الغبار معلقا على هذه الارتفاعات الكبيرة لفترات طويلة من الزمن، إذ تقتضي العلاقة بين الأوقات التي تحدث فيها التفجرات البركانية، والأوقات التي تظهر فيها السحب الماضية الليلية، أن يظل الغبار معلقا لفترات تبلغ عدة سنوات. وقد بذلت محاولات للربط بين عدد كبير جدا من الحالات التي ظهرت فيها تلك السحب في الفترة ١٧٨٥ – ١٨٩٦ و بين انفجار بركان كارا كانوا عام

١٨٨٣، فلم يبد أن هناك أي أساس لعرو ظهور السحب عام ١٨٩٩، أو ظهورها في الفترة ١٩٠٨ – ١٩١١. إلى النهار البركاني. على أنه يجدر بنا أن نشير إلى الزيادة في أرصاد هذه السبب في الفترة ١٣٢ – ١٩٣٣ التي تلت عددا كبيرا من الانفجارات البركانية الصغيرة، ولو أنه لا يلزم أن تكون تلك الانفجارات هي المسئولة عن ظهور السحب. كما يبدو علاوة على ذلك، أنه من المستبعد أن تدفع هذه الانفجارات الصغيرة بالفرار إلى تلك الارتفاعات العظيمة. كما أنه لا يبدو أن الانفجار البركاني الذي حدث بالاسكا عام ١٩١٢، والدي تقرب قوته من قوة انفجار بركان كاراكاتوا، لا يبدو أنه يتفق مع ظهور أي عدد محسوس من السحب المضيئة الليلية.

ويجوز أن يتأثر جو الأرض بدقائق صغيرة جدا من مادة كونية بالقرب من مدارات النيازك ورخات الشهب. ويجوز أن يكون هذا هو السبب في ظهور السحب المضيئة الليلية. وكان مالش و باكماوس قد اقترحا من قبل أن يكون السبب هو هذا المصدر الشهي. ويؤيد هذا الرأى ما سبق أن شوهد من ظهور عدد كبير من هذه السحب في الوقت الذي هبط فيه الشهاب الكبير في سيبيريا عام ١٩٠٨. ومن الثابت تماما أن المادة الشعبية موجودة فعلا على الارتفاعات التي تظهر عندها تلك السحب، في حين أن ظهور السحب لم ينبع الانفجارات البركانية إلى حد كبير، نجد أن ظهورها كان تاليا لبعض الظواهر الكونية المعروفة. فقد حدث في الفترة ١٨٨٠ – ١٨٨٧ أن رصد عدد كبير من الظواهر

الكونية القريبة، يحتمل أن تكون المادة التي تخلفت عنها في الجو هي السبب في ظهور عدد كبير من السحب المضيئة الليلية في الفترة ١٨٨٠ – ١٨٩٦. ويبدو أن هـ ذه الظواهر الكونية أقرب من الانفجارات البركانية في أن

تكون مصدرا للمواد التي تتكون منها تلك السحب. ولا بد لهذه المادة من أن تترسب، دون أن يستلزم الأمر بقاءها معلقة لهذه الفترات الطويلة من الزمن، زد على ذلك أنه ليس من الضروري أن نفرض وجود أية قوة تفجرية تكفي لدفع هذه المادة إلى الارتفاعات الشاهقة.

كما أن الدليل الذي يقدمه طيف السماء في أثناء الليل، من وجود الصوديوم على ارتفاعات تقرب من ١٠ كيلومترا، يوحي باحتمال وجود مصدر آخر لمادة هذه السحب. إلا أنه يبدو من الصعوبة بمكان أن تصل دقائق ملح البحر إلى هذه الارتفاعات، وخاصة إذا نظرنا إلى هذا الأمر في ظل النشاط الجمالى الضعيف الذي تتميز به طبقات الاستراتوسفير. بل إنه يبدو أن انتشار بخار الماء إلى الطبقات العليا أكثر احتمالا من نقل دقائق الملح بتحركات الهواء. كما أنه يبدو أيضًا أن حمل دقائق الملم أقل احتمالا حتى من قذف الغبار في الانفجارات البركانية إلى هذه الارتفاعات الشاهقة. ومن المعروف أن الشهب تحتوى على الصوديوم بنسبة ١٧. في المائة. ومن المعقول أن نفرض أن الغبار المتخلف عن الشهب التي تستهلك باحتراقها في الهواء الجوي، هو أيضًا يعوى الصوديوم. ويبدو أن هذا افتراض أقوى لتفسير ظهور الخطو في طيف السماء في أثناء الليل.

السحب الصدفية

نشر تومسون في عام ١٩٣٢ سردا للدراسات التي اجريت على هذه السحب. هي سحب جميلة لا تشاهد إلا قليلا. وقيست الارتفاعات التي تظهر عندها السحب الصدفية فوجد أنها تتراوح بين ٢٢ و ٣٠ كيلو مترا، في حين أن أعلى السحب السمحاقية التي قيس ارتفاعها كانت على علو ١١,٦٣ كيلو مترا، وكان ذلك في أوسلو حيث أخذت غالبية أرصاد السحب الصدفية. ويبلغ

متوسط ارتفاع التروبوبوز في ذلك المكان ١٠ كيلو مترات. وقد قام شتورمر بقياس ارتفاعات السحب الصدفة مستخدما أجهزته التي كان قد أعدها لقياس ارتفاع الوهج القطي، فوجد أن ارتفاعات السحب الصدفية تتراوح بين ٢٩ و ٣٠ كيلو مترات.

وتتخذ السحب الصدفية أشكالا مختلفة تشبه الركام المتوسط إلى حد ما. فهي عدسية في بعض الأحيان، ومعينة الشكل في أحيان أخرى.

كما تظهر بين الحين والآخر في شكل الأشرطة. وقد وصفها شتورمر في عام ١٩٢٧ بأن ألوانها الجميلة تشبه قوس قزح. يزيد لمعانها بعد الغروب حيث تظهر في لون أحمر قان، يخفت بالتدريج إلى أن يصبح رماديا مائلا اللزرقة. وقد حدث مرة، في أوسلو أن ظلت هذه السحب باقية طول النهار، في صورة سحب كبيرة ملونة أشبه بركام متوسط منتظر ومتموج ذى لون رمادي، او رمادي يميل إلى الزرقة، يتغير في بعض أجزاته إلى الأحمر الباهت، والبنفسجي، والأخضر. أما بعد الغروب فشوهد منها نوع آخر، واضح الحدود، يلمع لمعانا قويا، في مجموعة من الألوان تبدأ من الأحمر والبنفسجي إلى الأخضر المائل إلى الصفرة والأزرق.

وألوان السحب الصدفية ألوان طيفية نقية، تمتد على هيئة أشرطة إلى وسط السحاب، فهي لا تقتصر على الحواف. إلا أن ألوانها لا تكون زاهية في ضوء النهار بقدر ما هي في ظلام الليل، فألوانها في أثناء النهار، تلمع لمعانا خافتة على أرضية بيضاء تميل إلى الزرقة.

وكان مون أول من أعلن عن السحب الصدفية في عام ١٨٩٣. وقد جاء في تقريره أنه رأى هذه السحب في فترات نادرة ما بين عامي ١٨٧١، ١٨٩٢ بالقرب من أوسلو بالنرويج. ولم يعلن عنها مرة أخرى حتى عام ١٩٢٧، حيث

نشر شتورمر بنا جاء فيه أنه رصدها في أواخر عام ١٩٢٦ بأوسلو أيضًا، كما ذكر في تقريره أنه سبق له أن رآها في العقد الأخير من القرن الماضي. ثم أعلن مرة أخرى في عام ١٩٢٩ أنه رأى هذه السحب عندما كانت تظهر قبل الشروق، وفي ساعات متأخرة بعد الظهر، وبعد الغروب. كما أعلن راصد آخر عن ظهور سحب ملونة كبيرة فوق أوسلو طول النهار.

ولم تعلن من منطقة واحدة خارج النرويج غير رصدة واحدة، أخذها الأستاذ أرفين ماسون من القطار في جنوبي اسكتلندة يوم ١٨ بنار ١٩٣٢.

وقد قيست سرعة حركة السحب الصدفية عندما ظهرت في ٣٠ ديسمبر سنة ١٩٢٩، فوجد أنها ٧٠ مترا في الثانية، أو ما يعادل ١٧٠ ميلًا في الساعة. ولكن عندما ظهرت في ١٣ يناير ١٩٢٩ كانت سرعتها من الصغر بحيث لم يمكن قياسها، إذ كانت حوالى متر واحد في الثانية. كما أن رصد السرعات الرأسية أوضح أنها تختلف فيما بينها أيضًا اختلافا بينا. ففي ١٣ يناير سنة ١٩٢٩ شوهدت هذه السحب وهي تمط بانتظام مسافة ١، ٥ كيلومتر في ٧٩ دقيقة، وهو ما يعادل ٣. من المتر في الثانية. كما أجريت في نفس اليوم مجموعة أخرى من أرصاد الارتفاعات كانت فيها هذه السحب على ارتفاع ثابت مقداره ٢٣,٨ كيلومترا. خلال فترة مدتها ٢١ دقيقة.

وانتصرت أرصاد السحب الصدفية على الأوقات التي تلي مرور موجات الضغط الواطىء مباشرة، وهي الأوقات التي تكون فيها السماء، فوق الأرض المنبسطة، ملبدة بالغيوم الكثيفة التي تمنع رؤية هذه السحب في مستوياتها العالية. إلا أن السماء في أوسلو في مثل هذه الظروف تكون صافية بفعل رياح الفون في مؤخر جبال دوفرفيلد. ومن المعقول أن تفرض عدم إمكان رؤية هذه السحب إذا تكونت، إلا في المناطق التي تصفو فيها السماء بفعل ريح الفنون

في مؤخر امواج الضغط الواطىء. فإذا صح هذا كانت منطقة شمالى البرتا أنسب مكان الرصد السحب الصدفية.

وتتكون السحب الصدفية في الاستراتوسفير حيث يقل النشاط المالى، أو ينعدم، على ما هو مفروض. وقد دلت دراسة انتقال الصوت على أن درجة حرارة الهواء تزيد زيادة سريعة عند الارتفاعات التي تتكون فيها السحب الصدفية، فقد أعلن دو كرت، وجوتنبرج، أن درجة الحرارة في الشتاء تبلغ ٤٨م على ارتفاع ٢٠ كيلو مترا، في حين أنها تصل إلى ٠٧م عند ٣٠ كيلومترا.

ويستطيع الهواء، في هذه الدرجات العالية من الحرارة، أن يحوى من بخار الماء ما يكفي لإنتاج السحب. أما مشكلة وصول بخار الماء إلى هذه الارتفاعات في نفس المشكلة التي سبق تحليلها عند الكلام عن السحب المضيئة الليلية. وقد يبدو أن فرصة وصول البخار إلى مستوى ارتفاع السحب الصدفية أكبر من فرصة وصوله إلى مستوى السحب المضيئة الليلية التي تعلو عن السحب الصدفية بمقدار ٥٠ كلو مترا. ومع ذلك فما زالت المشكلة قائمة من حيث الوسيلة التي ينتشر بها البخار إلى الطبقات العليا مخترقا حوالى ١٠ كيلومترا من الهواء البالغ البرودة.

وقد شاهد شتور مراكايلا في سحاب منتظر من السحب الصدفية كانت تتألف من منطقة داخلية صفراء مائلة إلى الزرقة، تحوطها حلقة حمراء من الخارج، يبلغ قطرها الداخلي ١٤ أو ١٠. فإذا فرضنا أن نصف قطر الحلقة الخارجي ١٨ة، وهو ما لم يقس في ذلك الوقت، أمكننا الوصول إلى قيمة لقطر دقائق السحب لا تزيد على ٢,٥ × ١٠^٤ سم، وهي قيمة تقع في حدود حجوم قطرات السحاب العادية. ويدل ظهور الإكليل والألوان في السحب الصدفية دلالة قوية على أن هذه السحب تركب من قطيرات الماء

١١- الظواهر البصرية والكهربية التي تصعد السحب

الظواهر البصرية

تتسبب السحب في تكوين عدد من الظواهر البصرية، بفعل انكسار الضوء وانعكاسه و جموده على مركبات السحب. ولذا كانت هذه الظواهر من الوسائل التي نستدل بها على كنه هذه المركبات. كما تشاهد أيضًا بعض الآثار الناتجة من رؤية الجسم علاوة على بعض ظواهر الخداع البصري.

الحالات تشاهد حول الشمس أو القمر في السحب التي تتكون من بللورات الثلج، تنتج بانكسار الضوء في البللورات الثلجية ذات الأشكال المنشورية السداسية، التي تطفو في الهواء، ومحاورها أفقية. كما تظهر الحالة الباهتة على شكل حلقة من الضوء الأبيض.. أما الحالة الزاهية فتظهر على شكل حلقة ملونة، حمراء من الداخل. وأكثر الحالات شيوعا هي التي يبلغ قطرها ٢٢. أما الهالات التي يبلغ قطرها ٤٦ فلا تظهر إلا في حالات نادرة وتكون في العادة ناقصة.

وتشاهد في السحب صور بيضاء أو ملونة للشمس أو القمر، نعرف باسم «شبح الشمس أو شبح القمر. فإذا كانت ملونة كان اللون الأحمر ناحية الشمس أو القمر. وتظهر هذه الصور على نفس الارتفاع الذي تقع عليه الشمس أو القمر. وتتكون على الحالات التي يبلغ قطرها ٢٢، أو يكاد يكون على حافتها من الخارج. ويطلق على تلك الصور، التي تتكون على نفس الارتفاع الزاوي الذي تقع عليه الشمس، و تصنع زاوية سمعية مع الشمس تزيد على ١٠، يطلق عليها اسم. شبح الشمس المقابل،. وتنتج هذه الصور من

انكسار الضوء، كما هو الحال في الحالات، إلا أن هذه الحالة تقتضى أن تكون البللورات طافية ومحاورها رأسية.

وتشاهد بعض ظواهر الحيود في صور حلقات ملونة في السحب التي تتكون من قطيرات مائية. الأكاليل تظهر حول الشمس أو القمر، تحوطها من الخارج حلقة حمراء. فإذا اختلفت أحجام القطيرات بحيث الأيسود حجم ما، تراكت حلقات الحيود وتداخل بعضها في بعض، واقتصر ظهور الألوان في هذه الحالة على المنطقة القريبة من الشمس أو القمر. كما تشاهد أيضًا ظاهرة أخرى يطلق عليها اسم الاكليل الناقص، ويكون لونها أحمر ماثلا إلى البني نحو الخارج، وأبيض مائلا للزرقة نحو الداخل. على أنه من الأيسر أن ترصد هذه الظواهر في الليالي المقمرة بسبب الإضاءة القوية التي تسببها الشمس في أثناء النهار.

وقد أوضح سمسون في عام ١٩١٢ بطريقة مقنعة أن الأكاليل تتكون في القطيرات المائية، دون البللورات الثلجية.

وتشاهد أحيانا في السحاب رقع ملونة باللون الأحمر الرقيق أو الأخضر الرقيق، كما تظهر بين الحين والحين باللون الأزرق أو الأخضر أو الأصفر. وتظهر هذه الألوان على شكل شرائط تتبع حدود السحاب على وجه التقريب.

وقد افترض سمسون أن هذه الأشرطة عبارة عن أجزاء من أكاليل كاملة ولامعة. ويدل التلون الذي يظهر في السحب على أنها مكونة من قطيرات الماء.

أما الأمجاد فظاهرة يعرفها الطيارون تمام المعرفة. فإذا طار شخص فوق سحاب، يتركب من قطيرات الماء، شاهد. في أغلب الأحيان حلقة ملونة على قمة السحاب، تحوي في وسطها ظل الطائرة، وتنشأ هذه الظاهرة بفعل تشتيت

الضوء الساقط على قطيرات الماء، وهي لذلك الأثر إلا في السحب المائية. ويظهر الجد أحيانا إذا كان الراصد على قمة جبل، وكان السحاب تحته، والشمس وراءه. كما أن الراصد يستطيع أن يرى ما يشبه ذلك إذا كان على قمة تل واتجه بنظره ناحية الضباب بعيدا عن الشمس، فيرى الراصد ظلاله في وسط الحلقة أو القوس. ويطلق على المجد أحيانا اسم «شبح الجبل..

ويشاهد أحيانا عمود من الضوء، ويسمى «عمود الشمس، يظهر عادة فوق الشمس، كما يظهر في بعض الأحيان تحت الشمس. وينتج من انكسار الضوء في بللورات الثلج العالقة في الهواء، والتي يتكون منها فعلا سحاب رقيق.

كما تظهر، عندما تكون الشمس واطئة، أشعة ناصعة ورقع مظلمة تبدو أنها صادرة من موضع الشمس. وهذه الأشعة الشفقية. إن هي إلا نتيجة الإضاءة دقائق الغبار الجوي بضوء الشمس. وقد تنتج هذه الأشعة المضيئة والممتعة من السحب المتفرقة أو من سطح غير مغسط.

وقد تخدع السحب الركامة، التي نرى من بعد، نظر الراصد فتبدو أوطأ من السحب القريبة منه إذا كانت ما تبدو أشرطة السحب، وخاصة في السحب المالية، كما لو كانت مقوسة، ومتجمعة في نقطة، في حين أنها أفقية في الواقع. فالظاهرة الأولى ناتجة من رؤية الجسم، والثانية نوع من الخداع البصري.

الظواهر الكهربية ينشأ عن النشاط الكهربي داخل السحب ظهور بعض المناظر الجذابة التي تصيب الطقس. فالتفريغات الكهربية التي تحدث بين جزأين من السحاب الواحد، أو بين السحاب والأرض، أو بين سحابين مختلفين، تظهر على صورة شرارات هائلة، تعرف بالبرق وتستنفذ في ذلك كميات ضخمة من الطاقة الكهربية، تؤدي إلى كثير من التدمير والتخريب إذا كان التفريغ بين السحاب والأرض.

وتشاهد أحيانا أشرطة من الضوء على الطائرة، وعلى الأجسام الأخرى التي تقع بالقرب من العواصف الرعدية، تظهر بمناظر جذابة على الطائرة في هيئة حلقات حول المراوح، و أشرطة تتلاعب على جناحي الطائرة وأجزائها المختلفة. وتشاهد هذه الظاهرة أيضًا على الأجسام المالية كسوارى السفن. وتسمى هـ ذه الظاهرة بالتفريغ الفرجوني أو حريق سانت المو". و هي ظاهرة معروفة من زمان طويل.

وقد دلت أرصاد توزيع الشحنات الكهربية في المزن الركامى، المأخوذة بواسطة راسم كهرباء الطبقات العليا، على أن هذه الشحنات نتخذ في توزيعها شكلا خاصا، تغلب فيه الشحنات السالبة في جزء كبير من السحاب فوق مستوى الصفر المئوي، في حين تغلب الشحنات الموجبة في المناطق العليا من السحاب، بينما تقع منطقة موجبة الشحنة عند قاعدة السحاب في الجزء الذي يسقط منه أغزر نسبة من المطر.

وقد وضعت عدة نظريات التفسير ظهور هذه الشحنات، صمد منها عدد قليل. فقد قام الستر وجيتل بنشر نظرية التأثير الكهربي التي تنص على أن مجال الأرض الكهربي يعمل على شحن قطرات المطر الساقطة بالتأثير، بحيث تكون أنصافها العليا سالبة التكهرب، والسفلى موجبة التكهرب. فإذا سقطت هذه القطرات داخل السحاب مر بها الحواء الذي يحمل معه قطرات السحاب. وقد فرض صاحبا النظرية أن تلك القطرات تتلاشى مع الجزء السفلى للقطرة، ثم تنزلق على سطحها مع الاحتفاظ بالتلامس حتى تنفصل عنها بعد أن تصل إلى جزئها. وبهذا تحمل معها القطيرات شحنتها السالبة التي تكون قد اكتسبتها في أثناء تلامسها الأخير مع القطرة. وتكون النتيجة أن تصبح قطيرات السحاب

سالبة التكهرب، وقطرات المطر موجبة التكهرب بفضل تفوق شحناتها الموجبة على ما تبقى بها من الكهربية السالبة. وفي عام ١٩١٢ قام ألستر وجيتل بتعديل نظريتهما تعديلا جوهرية، ففرضا أن دقائق السحاب لا تنزلق على سطوح القطرات بتاتا، بل تنفصل عنها بعد التلامس بالجزء السفلي مباشرة. فتكسب القطيرات شحنة موجية في أثناء تلامسها مع الجزء السفلي، تاركة قطرات المطر سالبة التكهرب. إلا أن سمسون أعلن أنه لا يمكن أن يحدث اتصال كهربي في هذه الظروف بسبب وقوف الغشاء الهوائي بين القطرة والقطيرة حائلا دون اندماجها عند الاصطدام.

وقام جردين في عام ١٩٠٠ بنشر نظرية رويلسون – جردين التكاثفية التي تقتضي توفر شرطين يكاد يكون من المحال تحقيقهما وهمارطوبة نسبية

من مرقة..٤ في المائة، وعدم وجود نوى للتكاثف. وفي هذه الحالة إلا يحدث التكاتف إلا على الأيونات السالبة. إلا أنه يبدو، حتى الو توفر هذان الشيطان، أن تنتج هذه الطريقة شحنات تتفق مقاديرها مع المقادير المألوفة في السحب.

أما نظرية ممسون الخاصة بتجزؤ القطرة فتقدم أفضل تفسير الظهور الشحنات في الأجزاء السفلي من السحب الرعدية. فمن المعروف أنه إذا تجزأت قطرة من الماء بسقوطها على جسم جامد نتج عن هذا التمزق أن تكتسب القطيرات الناتجة من التمزق شحنات موجبة، ويصبح الهواء سالب التكهرب. وقد بين سمسون أن التصادم مع عمود من الهواء الصاعد يؤدي أيضًا إلى هذه النتيجة، أي فصل الشحنات. على أن هذه العملية تتكرر باستمرار في تيارات الهواء القوية السائدة في السحاب الرعدي، فتنتج من التمزقات والاندماجات تكون شحنات كبيرة، ولعل هذا يفسر وجود الشحات المتكونة

بهذه الطريقة دون الحاجة إلى سبق وجود مجال كهربي، الشرط الذي تتطلبه نظرية التأثير.

أما في الأجزاء العليا من المزن الركامى، فتقوم عملية مختلفة بتكوين الشحنات. فقد شاهد سمسون تكون شحنات كبيرة في المواصف الثلجية في المنطقة المتجمدة الجنوبية. وكان هذا نتيجة لتصادم بللورات الثلجي بعضها مع بعض. فيصبح الثلج سالب التكهرب و الهواء موجب التكهرب. وهذا بعينه هو ما يحدث في الأجزاء العليا من المزن الركامى، حيث تميل البللورات الثلجية السالبة التكهرب إلى الهبوط في السحاب بسرعة تزيد على سرعة قطيراته. وبهذه الطريقة تتكون الشحنات السالبة في الأجزاء الوسطى من السحاب الرعدى. أ. الشحنات الموجبة فتميل إلى البقاء في الأجزاء العليا من السحاب حيث تتصل بقطيراته. ولا تقتضى هذه العملية أيضًا سبق وجود مجال كهربي.

وفي عام ١٩٢٩ قام ك. ت. ر. ويلسون بنشر نظريته التأثيرية التي تنص على أن هبوط قطرات المطر في السحب بسرعة تزيد على سرعة هبوط الأيونات الموجبة يؤدي إلى انفصال الشحنات، إذ أن الأيونات الموجبة لن تستطيع أن تدرك القطرات، و بالتالي لن تستطيع أن تتحد مع الشحنات السالبة الواقعة على أنصافها العليا. أما الأيونات الموجية التي ندركها القطرات الهابطة فتتنافر مع الشحنات الموجبة الواقعة على الأجزاء السفلي من القطرات، في حين أن الأيونات السالبة تتجاذب مع أجزائها السفلى الموجبة التكهرب. وتميل إلى الاتحاد معها. ويؤدي ذلك إلى تبادل الشحنات الموجبة وتصبح القطرات سالبة التكهرب. إلا أن هذه العملية تقتضي وجود مجال كهربي.

على أنه يجوز اعتبار نظريتى تجزؤ القطرات، وتصادم البللورات الثلجية

نظريتين ناجحين في تفسير كهربة العواصف الرعدية كفسيرة مقبولا. إلا أنه لا يزال هناك الكثير ما يقتضي الدراسة فيما يتعلق بكهربة السحب والمطول، فالشحنات التي تحملها القطارات في المطر المنتظم ما زالت حتى الآن في حاجة إلى تفسير.

ترجمة المصطلحات

أدياباتيكي (ثابت الحرارة): — Adiabatic
العملية الأدياباتكية عملية تجري دون كسب أو خسارة في كمي الحرارة ولكن درجة الحرارة هي التي تتغير.

انتقال أفقي: — Advection
حركة الهواء في اتجاه أفني تقريبا.

محلول غروي هوائي: — Aerosol
معلق من دقائق، سائل أو جامد في الهواء، يشبه الغروي الناتج من سائل أو جامد في سائل.

كتلة هوائية: — Air Mass
جزء كبير نسبيا من الجو يتصف بانتظام درجة الحرارة والرطوبة في مستوياته الأفقية.

الديد: — Alidade
آلة تستخدم في قياس الزوايا الرأسية.

لا مشكل: — Amorphous
خال من السحبيبات أو تفاصيل التركيب الأخرى، لا بلورى.

الجو: الهواء الذي يحيط بالأرض وتحمله معها خلال الفضاء. هو عبارة عن خليط من الغازات بنسبة ثابتة تقريبا. — Atmosphere

أكليل ناقص: منطقة مضيئة تحيط بمصدر الضوء. يجوز إطلاق الاسم على المنطقة التي تبدو شفافة داخل الأكليل، أو على الحالة التي لا يكون فيها الأكليل قام التكوين. — Aureol

الوهج القطى: عرض ضري ينشأ عن التفريغ الكهربي الذي يحدث على ارتفاعات من مرتبة ١٠٠ كيلو متر. وكثيرا ما يكون الضوء ملونا — Aurora

القلعي: ذو شكل يشبه أبراج القلعة — Castillated

Chinook — الشينوك: اسم محلي للرياح الدافئة الجافة التي تهبط على الجانب الشرقي من جبال روكي

Clinometer — كلينر متر: آلة تستخدم في قياس الزوايا الرأسية، يختلف في تركيبه عن الألديد. يحمل في اليد غالبًا.

Coalescence — اندماج، التئام : انضمام عن طريق التداخل.

Colloid — غروى : معلق من مادة في مادة أخرى، دقائقه المالية أكبر من الجزيئات، وهذا هو الفرق بينه وبين المحلول الحقيقي. ويستخدم الاصطلاح في الكيمياء للدلالة على دقائق معلقة حجومها من مرتبة ميكرون.

Condensation — تكاثف : تغيير يطرأ على الحالة من بخار إلى سائل، يصحبه انطلاق الحرارة الكامنة للتصعيد

Convection — حمل:

انتقال الحرارة بانتقال المادة التي تحويها، فإذا سخن مائع ما (ولفظ مائع يشمل الغازات ومخاليط الغازات الهواء) تمدد جزء منه وأصبح أقل كثافة من الأجزاء المحيطة به من المائع، وتكون النتيجة أن يرتفع الجزء المسخن.

Convergence — تجمع : يحدث عندما تتحرك تيارات من الهواء معة، وبصفة أعر، عندما يتسوب التيار الأفقي في تجميع الهواء في منطقة محددة من الجو.

Corona — اكليل: حلقة ملونة تحيط بالشمس أو القمر، حمراء من الخارج، تظهر عليها ألوان الطيف إلى أن تصل إلى البنفسجي في داخل الأكليل.

Crepuscula rays — أشعة شفقية : أشعة الشمس عندما تصبح مرئية بسقوطها على دقائق الغبار المالية في الهواء في الوقت الذي يكون فيه معظم ضوء الشمس محتجا وراء السحب أو الجبال. تشاهد هـ ذه الظاهرة عندما تكون الشمس واطئة، أو تحت الأفق.

Dew Point — نقطة الندى : درجة الحرارة التي تشبع فيها الهواء بخار الماء إذا برد في ضغط ثابت دون إضافة أو نقص في بخار الماء.

Diffraction	حمود :
	الانحناء الظاهري في مسار الضوء حول الحواجز.
'Evaporation	تبخر : التحول من سائل إلى بخار، وتكتسب المادة المتحولة الحرارة الكامنة التصعيد أثناء التحول.
Fog	ضباب : قطيرات من الماء او بللورات من الثلج عالقة في الهواء الذي يعلو سطح الأرض مباشرة. الضباب في الواقع سحاب ملامس الأرض.
Fohn	ريح النون : ريح دافئة تهب على الجانب الخلفي من الجبال. يدفأ الهواء بسبب التضاغط أثناء هبوطه على منحدر الجيل.
Fraunhofer Lines	خظوط فرنهوفر : خطوط مظلة في طيف الشمس، فنشأ عن امتصاص أمواج ذات أطوال معينة في مسار أشعة الشمس خلال جو الشمس.
Front	جبهة: منطقة ضيقة بين كتلتين من الهواء تتميز بالتغير السريع في خواص المواه
Glaciation	تكوين الجلد: تجمد : تغيير إلى الجليد.
Halo	هالة : حلقة ملونة حول الشمس أو القمر، تنشأ عن انكسار الضوء، يكون ترتيب الألوان فيها بحيث يقع اللون الأحمر على الحافة الداخلية والبنفسجي على الخارجية
Haze	عجاج: قطيرات صغيرة جدا من الماء أو دقائق متميعة عالقة في الجو. القطيرات أصغر من قطيرات الشباب أو السحاب.
Hydroso	محلول غروى سائل : عالق غروي في وسط سائل.
Hygroscopic	متميع : و قابلية لامتصاص الماء.
Interstice	فجوة – فتحة : فتحة أو فضاء خالص، كالفتحات التي تقع بين أجزاء السحاب.
Inversion	انقلاب :
	الحال التي ينعكس فيها معدل درجة الحرارة مع الارتفاع إلى معدل زيادة
lon	ايون: دقيقة من المادة تحمل شحنة كهربية. تلون.
Irisation،	تلون طيقي : يطلق على رفع من الألوان التي تشاهد كثيرا في

Iridescence	السحب التي تتركب من قطيرات مائية
Isotherm	ايزوترم (ثابت درجة الحرارة): خط تساوى درجة الحرارة، الخط الذي يرسم على خريطة لمر بالنقط ذات درجات الحرارة الواحدة.
Kero	نواة
Lamina	طبقة
Lapse Rate	معدل نقص درجة الحرارة مع الارتفاع : يبرد الهواء الصاعد المتمدد معدل النقص الأدياباتيك المائي إلى أن تشبع، ثم يبرد بمعدل النقص الأديا باتيكي المشبع، وهذا أقل.
Latent Heat	الحرارة الكامنة : كمية الحرارة التي تمتص أو تفقد أثناء تغير الحالة. فيقال مثلا والحرارة الكامنة للانصهار، هي الحرارة التي يمتصها الجليد أثناء انصهاره.
Lenticular	عدسي: له شكل العدسة.
Mammilated	ثدي : تتدلى منه ما يشبه الأكياس.
Micron	ميكرون : اصطلاح يستخدم عادة لطول مقداره ٠٠١،. من المليمتر.
Mist	شابورة : اصطلاح للدلالة عادة على الضباب الخفيف.
Moazagoti	الموزاجوقل: نوع من السحاب يتكون على الجانب الخلفي من الجبال في أحوال فونية. الاسم الماني الأصل، يقال أنه يرجع إلى أول من رصد هذه السحب واسمه جوتليب موتز.
Nacreous	صدفى، لؤلؤى : اسم السحاب الذي يوصف بشبهه بالصدف
Noctilucent	مضيء ليلى : بطلق على السحب التي تضيئها الشمس أثناء الليل ما يجيزه ارتفاعها الشاهق
Nucleus of Condensation or Sublimation	نواة: نواة التكاسف أو النسامى نواة يتكاثف عليها الماء أو يتسامى من حالة البخار إلى حالة السيولة أو الجمود.
Occlusion	التئام : عندما تدرك الجبهة الباردة الجبهة الدافئة ويرتفع الهواء الدافئ بعيدا عن سطح الأرض، يطلق على الجبهة الناتجة اسم جهة الالتئام.

Overrunning	هواء دافي. يحاول أن يزيح هواء باردة، أو يحاول الحلول محل هواء بارد، فيضطره البارد إلى الصعود فوقه.
Paranthelion	فيقال : هواء دافي. يزحف على هواء بارد،.
Parasalenae	شبح الشمس المقابل : رقعة مضيئة أو شبح الشمس، تقع على نفس الارتفاع الزاوي الذي تقع عليه الشمس ذاتها، ولكن على بعد زاوى منها قدره ١٢٠ درجة. شبح القمر : رقعة مضيئة، تقع على نفس الارتفاع الزاوي الذي يقع عليه القمر، و تكون عادة على هالة قرية وتعرف هذه أحيانا باسم – شبح القمر،
Parahelion	شبح الشمس : رقعة مضيئة تقع على نفس الارتفاع الذي تقع عليه الشمس، وتكون في كثير من الأحوال على هالة شمسية (اتساعها ٢٢ درجة)
Phase	حالة : يستخدم هذا اللفظ فيما يتعلق بالماء للدلالة على حالة الجمود أو السيولة أو البخار.
Pileus	قرصى: يطلق هذا الاسم على سحاب صغير، هو نوع زائغ من الركام المتوسط ينتج في الهواء الصاعد فوق الركام
Palarized Light	ضوء مستقطب : الضوء الذي تقتصر دبذباته على مستوى واحد.
Precipitation	الهطول : يعني اللفظ الانجليزي في معناه الحر في التكاثف والتسامي لتكوين السحاب أو الضباب، والنواتج الساقطة. أما المعنى المتداول الفظ فهو المطر أو الثلج الساقط. ويستخدم لفظ هطول في العربية لأداء هذا المعنى الضيق.
Radar	رادار : جهاز الكتروني للكشف عن الأجسام بانعكاس الأمواج الكهربية المغنطيسية.
Radio detection	واشتق اللفظ الانجليزي من الكلمات
Radiation (Solar)	إشعاع (شمسى): الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض وغيرها من الأجسام بطريق الإشهاع
Refraction	انكسار : تغير اتجاه الضوء عند مروره من وسط إلى آخر يختلفان في الكثافة الضوئية

Relative Humidity الرطوبة النسبية : النسبة بين كمية البخار التي يحملها الهواء فعلا وأقصى قيمة يمكن أن يحملها الهواء في درجة الحرارة والضغط السائدين.

Ridge of high Pressure جرف الضغط العالى : منطقة طويلة ضيقة يزيد فيها الضغط عنه في المناطق المحيطة.

Saturation تشبع : يقال أن الهواء مشبع عندما يحتوى أكبر قيمة مكنة من بخار الماء في درجة حرارته.

Spicific Humidity الرطوبة النوعية : وزن بخار الماء الذي تحويه وحدة المكتل من الهواء الرطب.

Spectrum طيف : مجموعة الألوان التي يتحلل إليها الضوء بالانكسار، كما يحدث في منشور أو عزوز أو قطرة ماء.

Stabililty استقرار : يستخدم اللفظ في المتيورولوجيا للدلالة على حالة الهواء من حيث الحركة الراسية. فالهواء المستقر هو الذي يميل إلى الهبوط ثانية بعد زوال القوة الرافعة. أما المواد غير المستقر فيميل إلى الاستمرار في الصمود.

Stratosphere ستراتوسفير : الجزء من جو الأرض الذي يعلو التروبوسفير. يقف انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع عند قاعدة الاستراتوسفير. إلا أن درجة الحرارة تزيد مع الارتفاع بعد ذلك.

Striated مخطط

Sublimation قسام : التغير من حالة البخار إلى الجمود، أو من الجلود إلى البخار، دون المرور بحالة السيولة.

Subsidence هبوط : هبوط الهواء في الجو ينتج عنه رفع درجة حرارته بسبب التضاغط الادياباتيكى.

Supereooled تحت المبرد : يطلق اللفظ على السائل المبرد إلى ما تحت درجة تجمده مع بقائه سائلا

Supersaturation فوق التشيع : يطلق على الهواء الذي يحمل كمية من بخار الماء تزيد عما يستطيع حمله في درجة الحرارة والضغط السائدين. ويستخدم في

الكيمياء للدلالة على المحاليل التي تحوي من المادة المذابة ما يزيد عما يلزم لتشبع.

Tephigram	رسم تيفاى : رسم ديناميكى حراري يستخدم في دراسة ظروف استقرار الجو ورطوبته. واشتق اللفظ تيفاى الإنجليزي من درجة الحرارة، وحالة التعادل.
Theodolite	ثيودوليت : جهاز يستخدم لقياس الزوايا الأفقية والرأسية.
Thermal	حرارى : نسبة إلى حرارة. ويستخدم اللفظ الانجليزي أسما لتيار من الهواء الدافئ الصاعد.
Troposphere	تروبوسفير : الجزء الأسفل من جو الأرض، حيث تنقص درجة الحرارة مع الارتفاع
Updraft	تيار صاعد.
Vapour Tension	ضغط البخار : الضغط الناشيء عن بخار الماء الموجود في الهواء.
Virga	الهدب : في السحاب للدلالة على الهطول الساقط من السحاب والذي يتبخر قبل أن يصل إلى الأرض.
Water Vapour	بخار الماء : ماء في الحالة الغازية.

ترجمة المصطلحات الداخلة في تسمية السحب

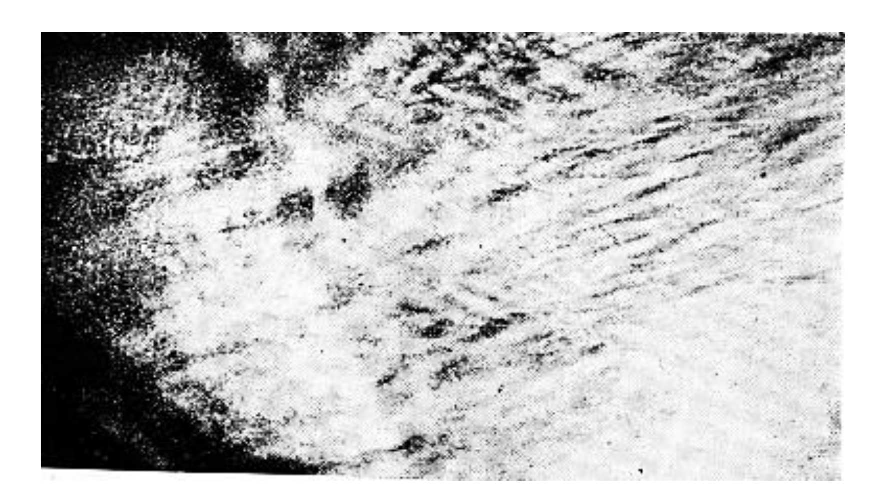
Altocumulus	الركام المتوسط
Altostratus	الطبقة المتوسط
Calvus	أصلع
Castillatus	قلنسوى
Cirrus	القلعي
Cirrocumulus	سمحاق
Cirrostratus	سحاق ركامى
Cumulinimbus	سحاق طبقي
Cumulus Congestus	المزن الركامى
Cumulus humilis	الركام المنتفخ
Densus	الركام الضحل

Fractostratus	الطبق المشقق
Fractocumulus	الركام المشقق
Humilis	ضحل
Incus	سنداني
Lenticularis	العدسى التدبي
Mammatus	الثدبي
Nimbostratus	المزن الطبقي
Nimbug	مزن
Noctilucent	مضيء ليلى
Opacus	معتم
Pelius	قرصي
Stratocumulus	الركام الطبقى
Stratus	الطبقي
Vesperalis	مسائي

ملحق صور



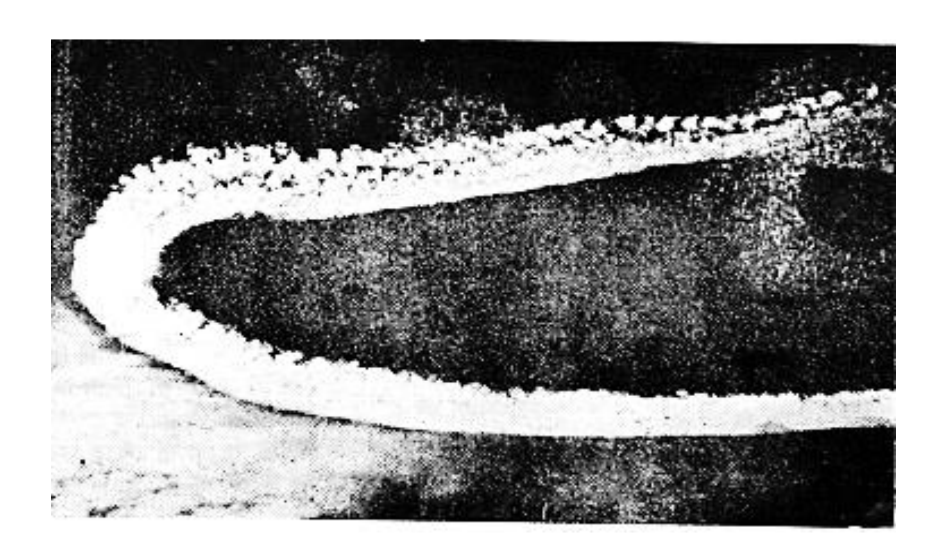
السمحاق الذي يبدو على هيئة خطوط متوازية ورقع صغيرة



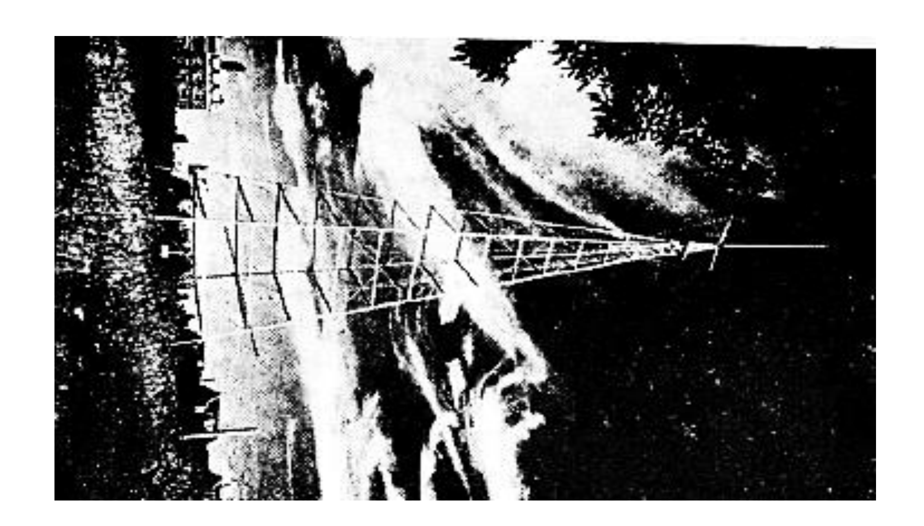
سمحاق ركامى وسمحاق



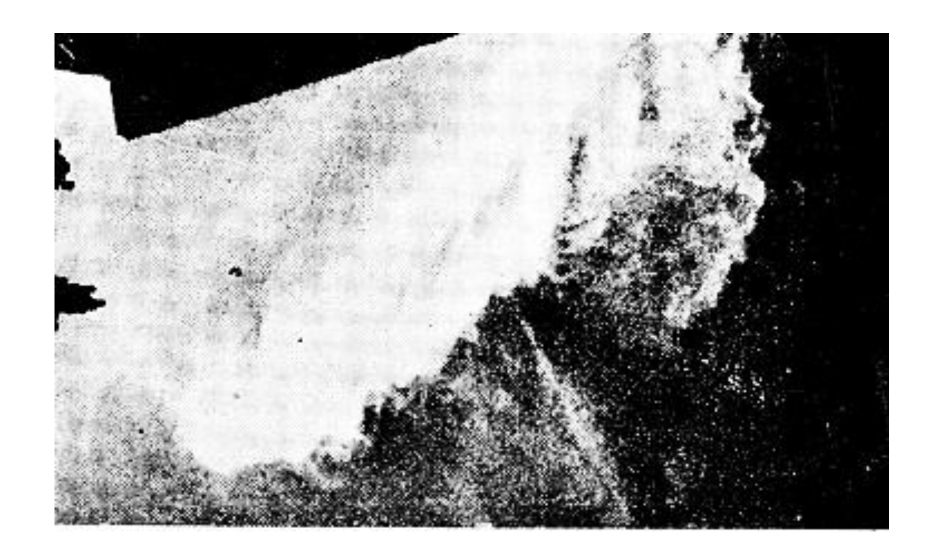
ركام متوسط تبدو فيه الرقعة الواقعة إلى يمين الصورة في شكل موجي يستحق الاهتمام



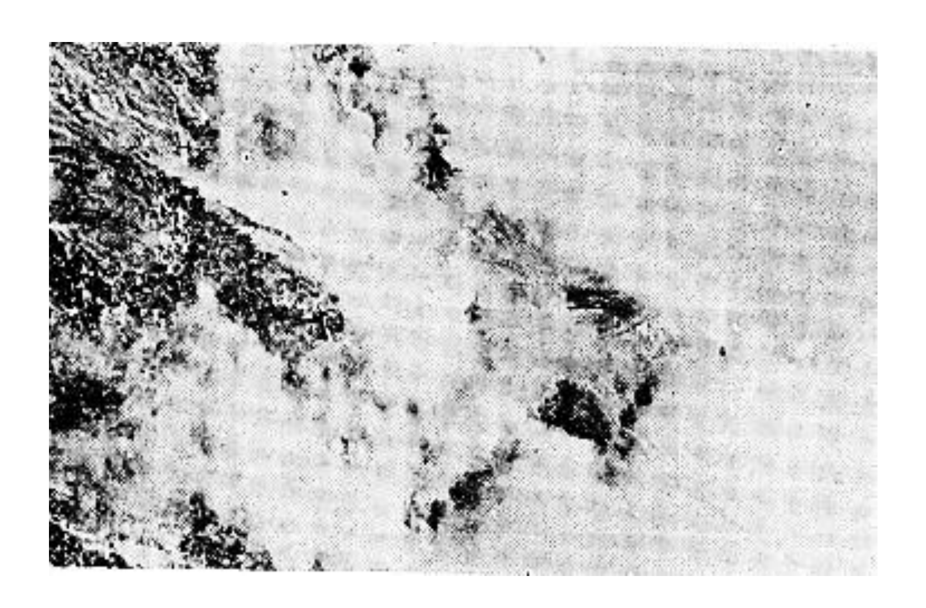
سحاب اصطناعي ينتج من مرور طائرة



سمحاق، مع جزء من بناء جامعة البرنا في الجزء الأمامي من الصورة



سمحاق كثيف



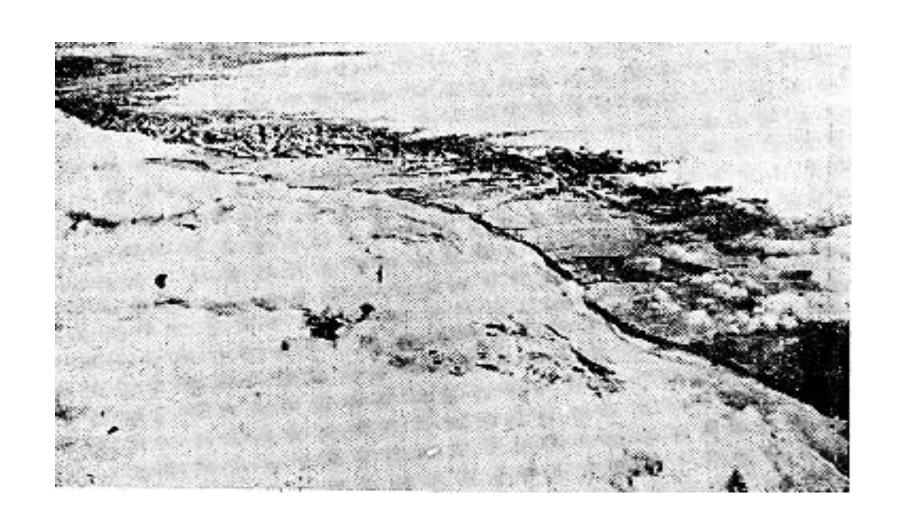
ركام متوسط أو ركام طغى عال، في مستوى واحد



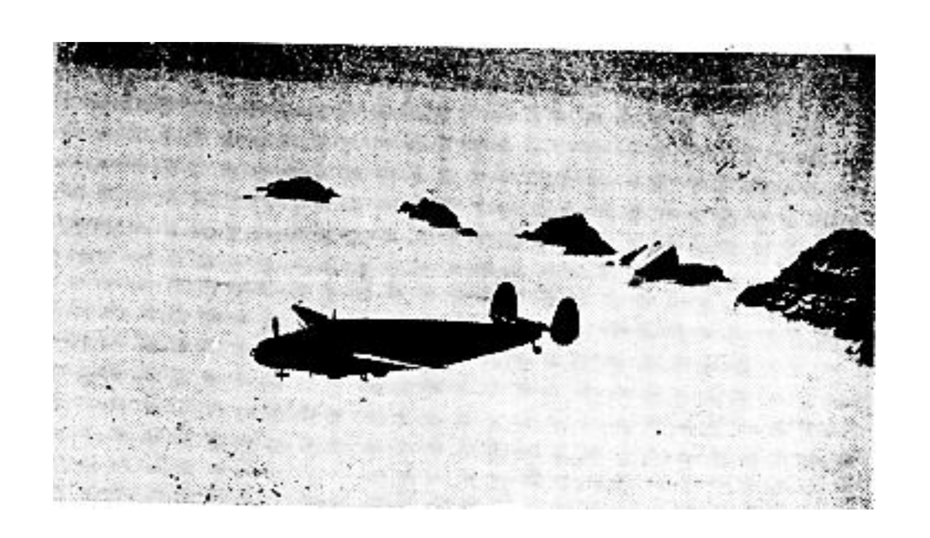
صورة فوتوغرافية لجبل هاف دوم عند ما يحيط به السحب



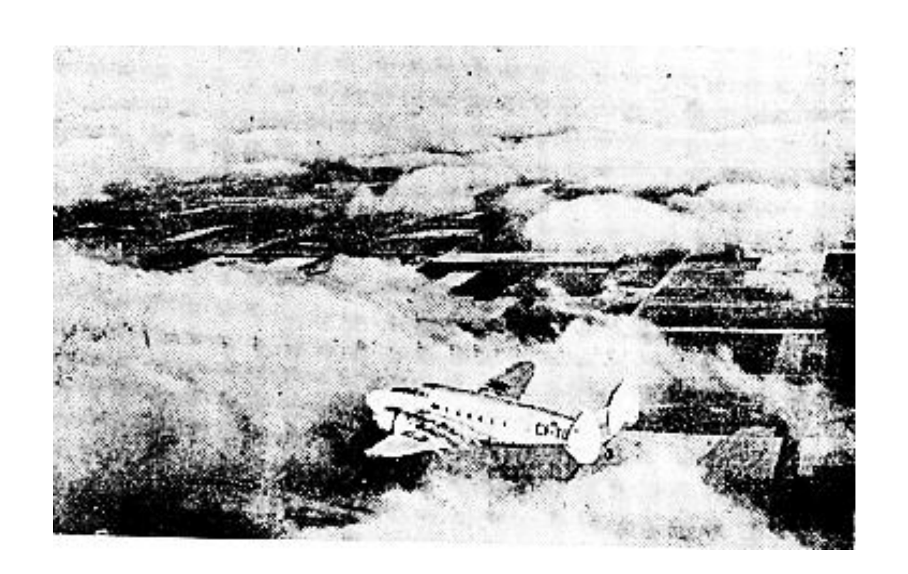
ركام متوسط وطبقي متوسط مصحوبان بطبقي مشقق وركام طبقي تحتها



سحب ركامة طبقية فوق نهر سلكانتوان، يلاحظ انفصال كبير فوق النهر نتج عن تيار هابط



السطح العلوي (ركام طبقي تبرز منه قمم الجبال)



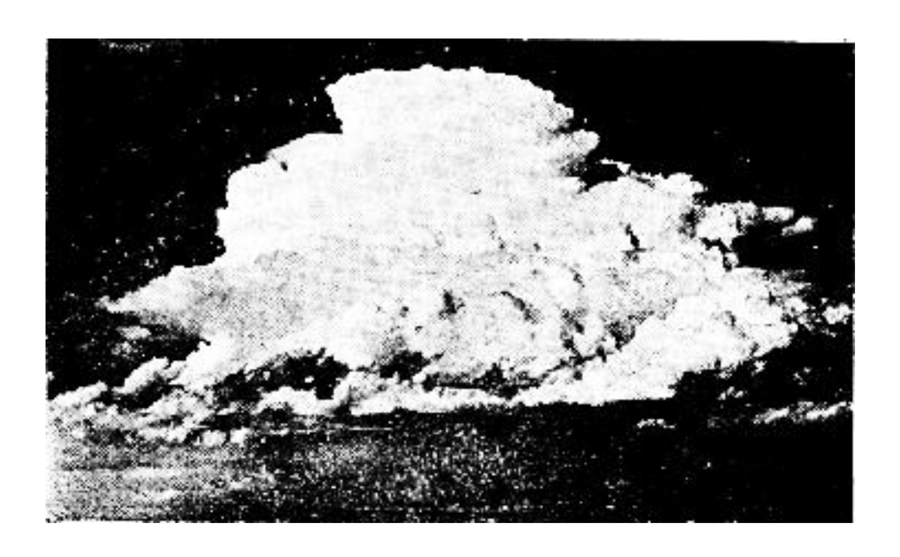
رقع من الركام الطبقي والطبقي المشقق كما يبدو من أعلاه



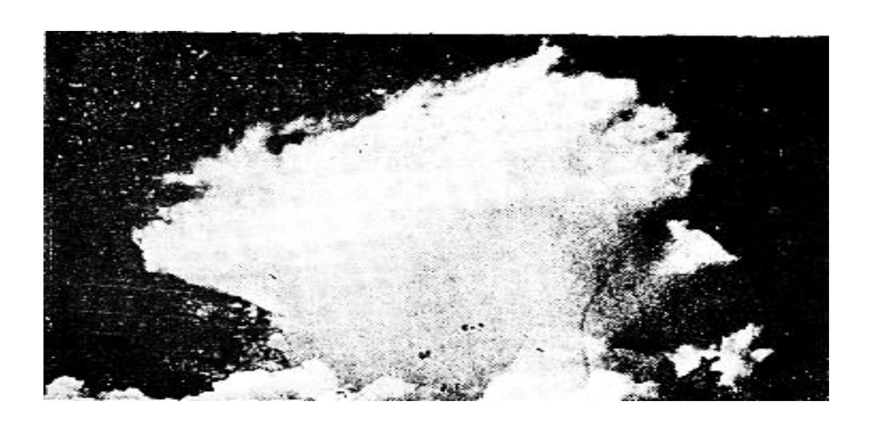
ركام ثقيل، كما يبدو من الأرض



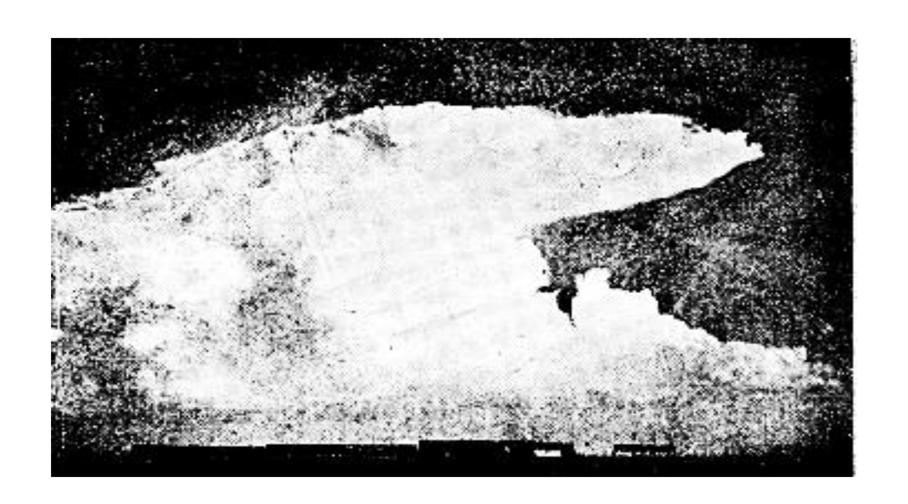
ركام ثقيل كما يبدو من طائرة قريبة من قمم السحاب



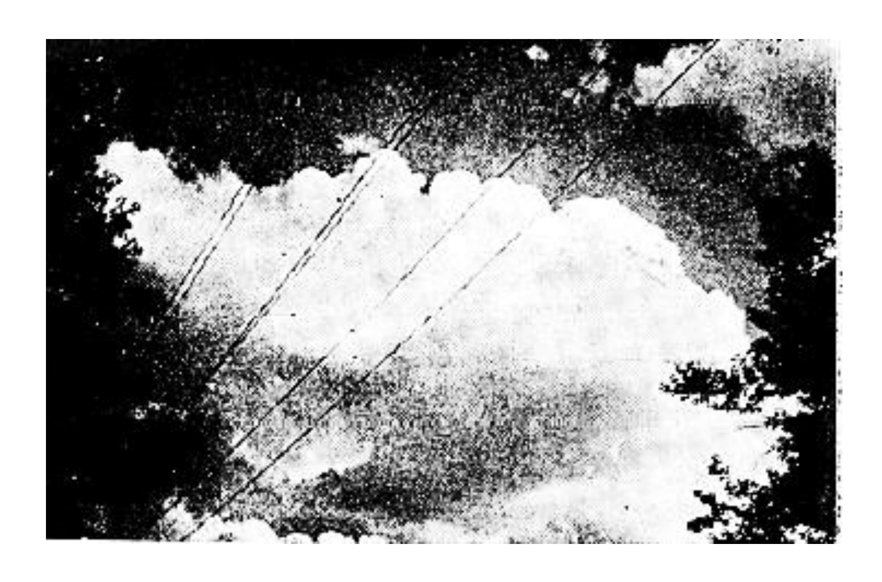
مزن ركامى، مع سندن في دور التكوين، وقد ذابت الحدود الصلبة في أجزاء السحاب العليا ويرى قرص صغير على بار القمة، كما ترى رخات هابطة تحت السحاب



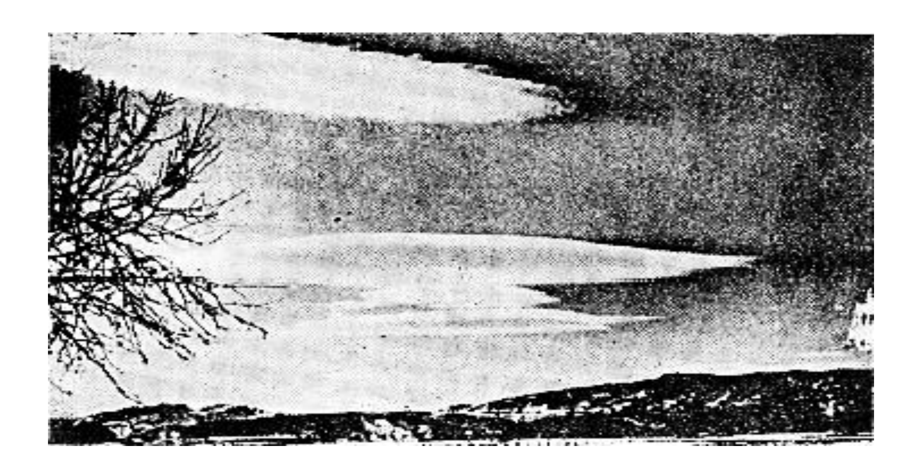
السمحاق الناس يسندان المزن الركامى في الجزء العلوي إلى اليسار



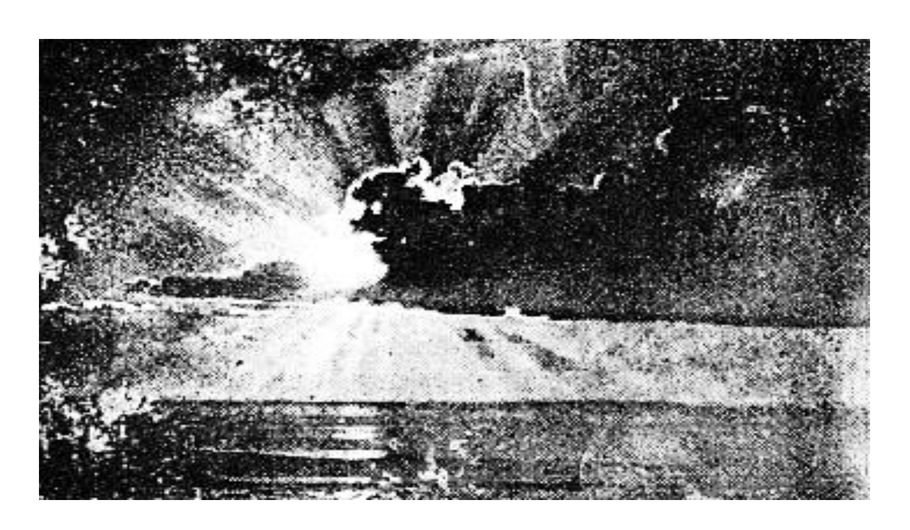
مثل ناطق لمزن ركامى كامل النمو برأسه السندباتي



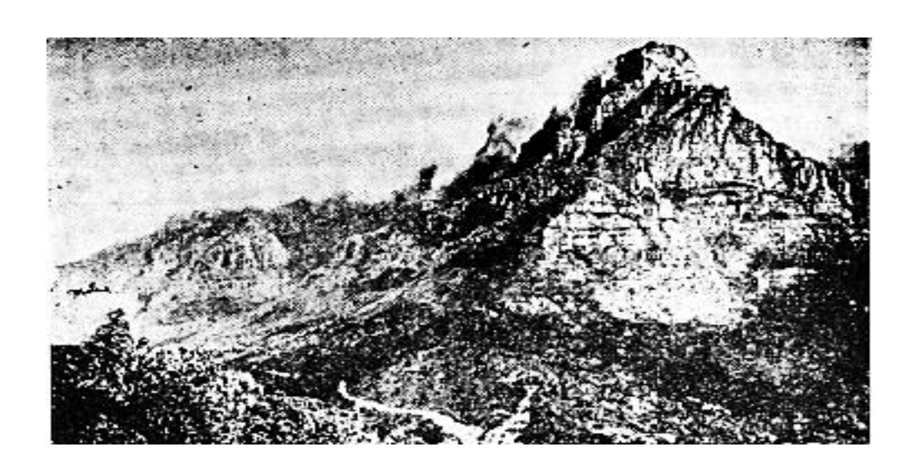
قمة مثالية لركام الطقس البديع



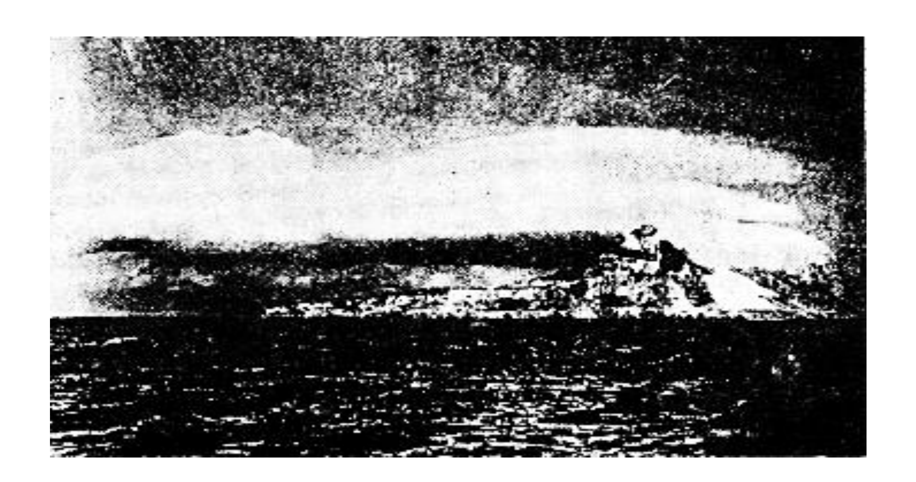
ركام متوسط عسى



أشعة شفقية مع ركام وركام طبقي



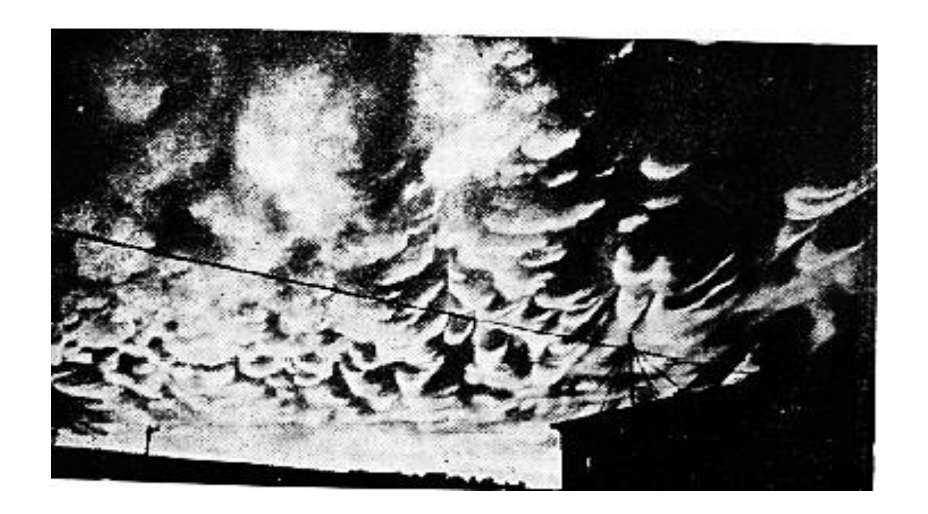
سحاب "نفرش السفرة" نسبة إلى جبل تيبل "المغارة" بمدينة الكاب في أفريقيا الجنوبية



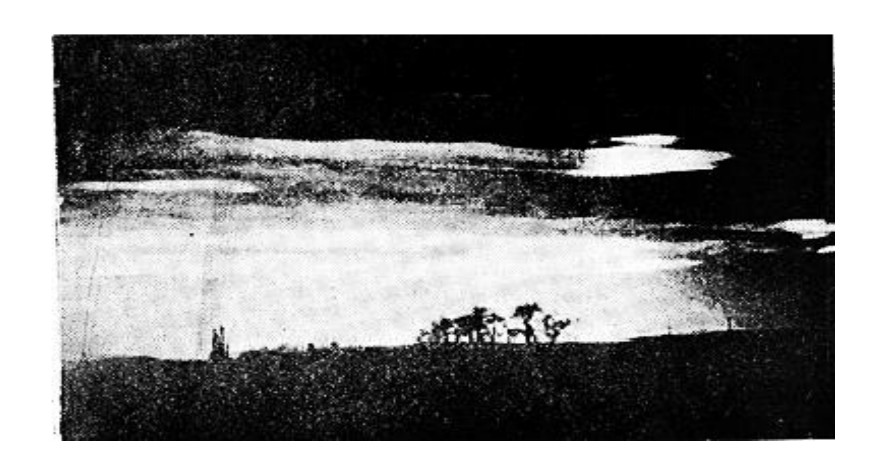
سحاب ناجي على صخرة جبل طارق، يمتد ميلا أو أكثر عندما تهب الرياح الشرقية المعروفة باسم لافنترز ويعرف السحاب محليًا باسم سحاب ليفانز



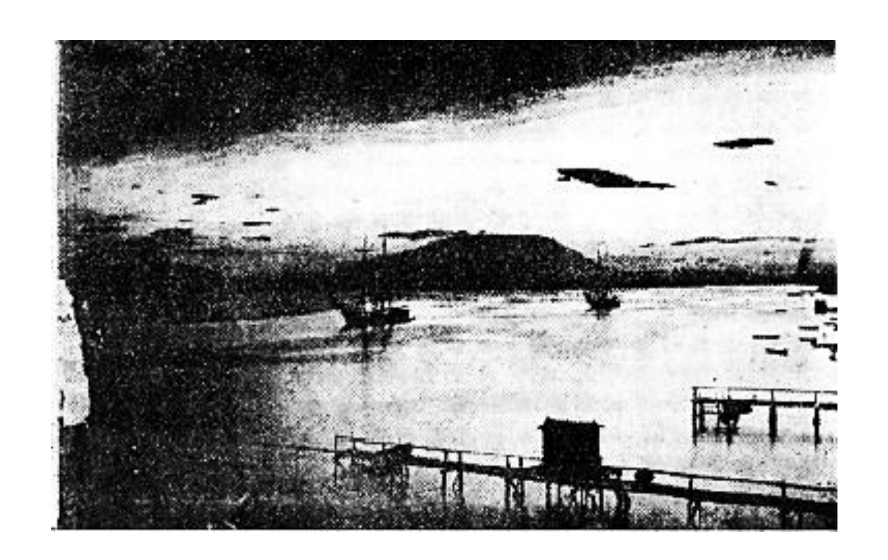
طبقي مشقق رقيق نتج عن رفع الضباب في وادي نهر جانفيو، وقد ظل قائمًا فترة قصيرة في الصباح الباكر



قاعدة تديبة لسحاب رعدي



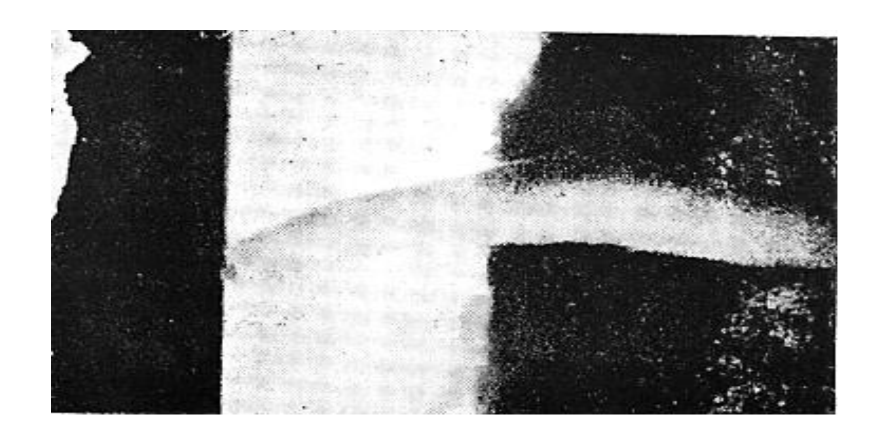
سحب صدفية كما تبدو بعد الغروب، بأسلوب الترويج



السحب المضيئة الليلية



النور نادر وما يصحبه من السحاب



البرق

المراجع

Abe, Count Mansanao. Distribution and movement of cloud around Me. Fuji, July 1932 to August 1933. Toyko: Central Meteorological Observatory,

1937. Abercromby, R. On the identity of

cloud forms all over the world. Q. J.

Roy. Met. Soc., XIII (1887), 140–7. Air Ministry Meteorological Office.

Cloud Forms. London: H. M. Stationery Office, 1937.

- Meteorological Glossary. Ibid., 1939. Aitken, J. On Dust Fogs and Clouds.

Trans. Roy. Soc. Edin., XXX (1880). Archenhold, F. S. Die leuchtenden

Nachtwolken und bisher unveröffentlichten Messungla ihrer Geschwindigkeit. Das Weltall. XXVII (July,

1938). Bergeron, T. On the

Blue Hill Meteorological Observatowy. Harvard University.

Coronas and Iridescent Clouds. Monthly Weather Reviete. LIII (Feb., 1925).

-The Value of Cloud Observations. Trans. Amer. Geophys. Union,

1933. Bureau, R. Altimétrie des Nuages par

Impulsions Lumineuses. La Météorologie (juillet-septembre, 1946), 292

301. Byers, H. R. Synoptic and Aeronautical

Meteorology. New York: McGrawHill, 1937.

-and R. R. Braham. Thunder storm Structure and Circulation. J. Met., V (June, 1948), 71–86.

and Richard D. Coons. The Bright Line' in Radar Cloud Echoes and its Probable Explanation. Ibid.,

Physics of Cloud

and Precipitation. Proces verbaux de l'Association de Macorologie, Inter. national Union of Geodesy and Geo

physics (Lisbon, 1933). Bigelow, F. H. Report on the Inter

national Cloud Observations May 1, 1896 to July 1, 1897. Washington, United States Weather Bureau Re

port, 1898-99, II. Boylan, R. K. Proc. Roy. Irish Acad.,

(A) XXXVII, 58-70. Bricard, J. La Météorologie (mars-avril, 1939).

-La Tencur des Nuages en Eau Condensée. Ibid. (janvier-juin, 1943), 57-69. rooks, C.F. A Guide to Cloud Coding.

-A study of clouds with data from kites. Ibid., LXVIII, part III (Cam

bridgs, 1911). Conover, J. H. and S. H. Wollaston.

Cloud systems of a winter cyclone.

J. Met., VI (Aug. 1919), 249-

IV (June, 1947), 75-81. Clarke, G. A. Clouds. New York: Dut

ton, 1920. Clayden, A. W. Cloud Studies. London:

Murray, 1st ed. 1905, 2nd ed. 1925. Clayton, H. H. Cloud Observations.

Annals of the Astronomical Society of Harvard College, XX (Cambridge, 1887), 50.

Discussion of the cloud observations made at the Blue Hill Observatory. Ibid., XXX, part IV (Cambridge, 1896), 271-500. -Measurement of cloud heights,

and directions. Ibid., XLII, part II, Appendix (Carebridge, 1900), 193-280.

m Douglas, C. K. M. Optical Phenomena 3- and the Composition of Cloud.

Journal of the Scottish Meteorological Society, XVIII (1918).

The appearance of the Sun and Moon through a cloud. Meteorod logical Magazine (Jan., 1929). + Duckert, P. Ergebnisse der Kosmisches

60. Coons, Richard D., R. C. Gentry and

Ross Gunn. First Partial Report on the Artificial Production of Precipitation. Washington, United States Weather Burcau Research Paper No. 30, Aug., 1948.

Earl L. Jones, and Ross Gunn. Second Partial Report on the Artificial Production of Precipitation, Cumuliform Clouds, Ohio, 1948. Ibid. No. 31, Jan., 1919.

Artificial Production of PrecipiLatior. Ibid. No. 33, Sept., 1919.

-Fourth Partial Report on the Artificial Production of Precipitation: Cumulus Clouds, Gulf States, 1919. Bull. Am. Met. Soc., XXX (Oct.,

1949), 289-92. Coste, J. H. and H. L. Wright. Philo

sophical Magazine, VII (1935, No.

20). 209-34. Coulomb, J. and J. Loisel. La Physique

des Nuager. Paris: Editions Albin Michel, 1940. Craddock,

Physik, 1 (1931), 236-83. Es Elster, J. and H. Geitel. Annalen Physik

und Chemic, XXV (1885), 121-31.

-Physikalische Zeitschrift, XIV (1913), 1287-92 Findeisen, W. Zur Frage der Regen

tropfenbildung in reinen Wasserwolken. Met. Zeit., LVI (1939).

Das Verdampfen der Wolken und Regentropfen. Ibid.

-Dic kolloidmeteorologischen Vorgänge bei der Niederschlagsbildung. Ibid., LV (1938), 121-33.

-Entstehen die Kondensationskerne an der Meeresoberfläche?

Ibid., LIV (1937), 377-9. Flower, W. D. Cumulus cloud pro

duced by a fire. Q.). Roy. Met. Soc., LXVI (July, 1940), 279. Fraser, D. Production of Ice Crystal Clouds by Seeding. Nature, CLXIV

(July 30, 1919), 179. Gerdien,

J. M. The Development of

Cumulus Cloud. Q.). Roy. Met. Soc.,

LXXV (April, 1949), 147-53. Cunningham, R. M. A different ex.

planation of the bright line. J. Met.,

IV (Oct., 1947), 163. Cwilong, B. M. Sublimation in a Wilson

Chamber. Nature, CLV (Mar. 24, 1945), 361-2.

- Sublimation in Outdoor Air. Ibid., CLX (Aug. 9, 1947), 198. Deppermann, C. E. An Improved Mirror for Photography of the Whole Sky. Bull. Am. Met. Soc., XXX (Oct., 1919), 282-5.

the tropics. Q.). Roy. Met. Soc.,

LXVI (Jan., 1940), 46. Hewson, E. W. and R. W. Longley.

Meteorology Theoretical and Applied.

New York: Wiley, 1914. Howard, Luke. Essay on the

H. Physikalische Zeitschrift,

VI, 647-66. Green, H. L. Disperse Systems in Gases,

Dust, Smokes and Fog. The Faraday

Society, London, 1091-6. Gutenberg Der Aufbau der Atmo

sphäre. Handbuch der Geophysik, IX

(1932). Hann. J. von and R. Süring. Lehrbuck

der Meteorologie. 5th ed., Leipzig:

W. Keller, 1939. I, 345. Helmholtz, R. Met. Zeit., XXIV

(1889), 186. Heywood, G. S. P. Rain fomnation in

--Zur Condensation des Wasserdamples in der Atmosphäre. Geolys. Publ., II (1921, No. 1; 1922, No. 6).

-On Water in the Clouds. Ibid., V (1927, No. 1).

The Nucleus and the Growth of Hygroscopic Droplets. Transactions of the Faraday

Modifica

tions of Clouds. 3rd ed., London: John Churchill, 1865.

-On the Modifications of Clouds. Philosophical Magazine (1803). Humphreys, W. J. Physics of the Air.

3rd ed., New York: McGraw-Hill, 1940.

Nacreous and Noctilucent Clouds. Monthly Weather Review,

LXI (1933), 228. International Meteorological Committee. International Atlas of Clouds

and States of the Sky. Paris, 1933. Jacobs, Woodrow C. Preliminary Report

on a Study of Atmospheric Chlorides. Monthly Weather Review, LXV

(April, 1937), 147. Jardetzsky, W. Met. Zeit., LXI (1926),

310.. Jesse, O. Die Höhe der leuchtenden

Nachtwolken. Astr. Nachr., CXL (1896), 161.

-Untersuchungen über die

Society, XXXII Aug..

1936, Part 8). Kopp, W. Auslösung von Fallstreifen im

Acu-Niveau durch einfallende CiFallstreifenmittels Aer Obs. Linden

berg, 1928. . t Kotsch, W. J. An Example of Colloidal + Instability of Clouds in Tropical Lati

tudes. Bull. Am. Met. Soc., XXVIII

(Feb., 1947) 87-9. Küttner, J. Moazagotl und Föhnwelle.

Beitr, 2. Phys. d. f. Atm., XXV

(1938), 79; XXV (1939), 251. Landsberg, H. Atmospheric Condensa

tios Nuclei. Gerlands Beitrage, Ergeb! nisse der kosmischen Physik, III, 159.

252. Langille, R. C. et al. S-Band Radar

Echoes from Snow. Report 26, Canadian Army Operational Research Group (June 14, 1945).

-and K. L. S. Gunn.

sogenannten leuchtenden Nachtwolken. Sitzungsberichte der Kg. Preus. Akademie der Wissenshaften, II (1890),

103. Jungs, C. Met. Zeit, LIII (1936), 186-8.

--Gerlands Beitr. 2. Geophys., XLVI (1935), 108-29. Kaemtz, L. F. Vorlesungen über Meteo

rologie, Halle (1841), 144-52. Kelvin (Lord). Proc. Roy. Soc. Edin.

(Feb. 1870). Köhler, H. Uber das Irisieren und einige

andere Erscheinungen in den Wolken. Met. Zeit., XLIV (1929).

L

Letzmann, J. Kinematik des Lenticularis

und Castellatus. Met. Zeit., L (1933),

365. Löhner, H. Condensation Trails. Luft

wissen, VII (1940), 337. Ludlam, F. H. The Forms of

Quantitative Analysis of Vertical Structure in Precipitation.). Nel., V (Dec., 1948),

301-4. Langmuir, Irving, Vincent Schəcler, at

al. Final Report Project Cirrus. Re. port No. RL 140, General Electric Research Laboratory, Schenectady, 1948.

-Meteorological Research. Ibid., . 1947. Laufer, Maurice K. and Laurence W.

Foskett. The Daytime Photo-electric Measurement of Cloud Heights.

Journal of the Aeronautical Sciences, • VIII (March, 1941).

Nolan, P. J. Experiments on Condensa

tion Nuclei. Proc. Roy. Irish Acad., XLVII (Oct. 1941), Section A,

No. 2. Orr, J. L., D. Fraser, and K. G. Pettit.

Analysis of Experiments on Inducing Precipitation. National Research Council

Ice Clouds.

Q. J. Roy. Met. Soc., LXXIV (Jan.,

1948), 39-56. Malsch. Wolkenbildung durch Meteore.

Zeitschrift für angenehme Meteo

Tologie, L (1933), 325. Marshall, J. S., L. G. Eon, and L. G.

Tibbles. Analysis of Storm Echoes in Height using MHF. Report 30, Canadian Ormy Operational Research Group.

R. C. Langille, and W. M. Palmer. Measurement of Rain by Radar. J. Met., IV (Dec., 1917), 186-92.

Summer Storm Echoes on Radar MEW, Report 18, Canadian Army Operational Research Group (Nov.

27, 1914). Melander, G.'Sur la Condensation de la

Vapeur d'eau dans l'atmosphere. Hel.

singfors, 1897. Mézin, M. Remarques sur le Film des F

Report No. MD-32 (Aug. 17,

1949). Owens, J. S. Sea Salt and Condensation

Nuclei. Q. J. Roy: Met. Soc., LXVI

(Jan., 1980). Palmer, H. P. Natural Ice-Particle

Nuclei. Ibid., LXXV (Jan, 1919),

15-22. Perrie, D. W. The Rain Required for a Radar E.cho. Bull. Am. Met. Soc.. XXX (Oct., 1919), 278-81

Cloud Seeding Experiments, November 1918. Technical Circular Number 54, Meteorological Division, Department of Transport, Canada (Jan., 1949).

- Induced Precipitation. The New Trail, VII (May, 1949), 100-5. Alumni Association, University of

Alberta. Petterssen, S. Condensation Caused by

Mixing. Q.). Roy. Met. Soc., LXVIII (April, 1912), 167-73.

Weather Analysis and Forecasting. New York:

Evolutions du Ciel Réalisé par H. R. Condit. La Météorologie (juillet-sep

tembre, 1946), 337-40. Middleton, W. E. K. Meteorological

Instruments. 2nd ed., Toronto: Uni- R versity of Toronto Press, 1943.

-On the Theory of the Ceiling Projector. Journal of the Optical P Society of America, XXIX (Aug..

1933), 340-9. Miller, Robert W. The Use of Airborne Navigational and Bombing Radars for Weather Radar Operations and Verifications. Bull. Am. Met. Soc. (Jan. R

1947), 19-28. Möhn, H. Met. Zeit. (March, 1893),

81.97.

General Electric Company (British)

(Oct. 13, 1941). Schmauss, A. and A. Wigand. Die

Atmosphäre als Kolloid. Braun

schweig, 1929. Schmidt, W.

McGraw-Hill 1910. Renou, E Instructions Météorologiques.

Annuaire de la Société Météoro

logique de France, III, Paris, 1855. Rink, J. Moazagotls Wetterwolke. Mel.

Zeit, LIV (1937), 190. Robinson, G. D. The Distribution of

Electricity in Thunderclouds. R. J. Roy Met. Soc., LXVII (Oct., 1951).

332-10. Ryde, J. W. Echo intensities and attenu

ation due to clouds, rain, hail, sand and dust storms at centimetre wavetengths. Research Laboratories of the

--Geofys. Publ., V (1927, No. 1-8. Stüve, G. Zur Kenntnis Kristallisation

des Wasserdampfes aus der Luft.

Gerl. Beitr. XXXII (1931). Süring, R. Die Wolken. Leipzig: Aka

demische Verlagsgesellschaft,

Zur Erklärung der ge

setzmässigen Verteilung der Tropfengrössen bei Regenfällen. Met. Zeit.,

XXV (1908). Sekara, Z. Helmholtz waves in a linear

temperature field with vertical wind shear.). Met., V (June, 1948),

93-102. Simon, A. Contribution a l'étude des Nuages. Bulletin de l'Institute

d'Egypte, XXVI (1943-1914). Simpson, G. C. On the Formation of

Cloud and Rain. Q. J. Roy. Met. Soc., LXVII (April, 1941), 99-133.

-Coronae and Iridescent Clouds. Ibid., XXXVIII (Oct., 1912), 291.

Sca-salt and Condensation Nuclei. Ibid., LXVII (April, 1941), 163-9.

Sca-salt and Condensation Nuclei. Ibid., LXV (Oct., 1939), 553.

- The Electricity of Cloud and Rain. Ibid., LXVIII (Jan.,

Becker

& Erler, 1941. Thomson, A. Mother-of-Pearl Clouds.

J. Roy. Astron. Soc. Can., XXVI

(Dec., 1932), 437-41. United States Weather Bureau. Manua!

of Cioud Forms and Codes for States of the Sky. Circular "S", 2nd ed., Washington, D.C.: U. S. Govt.

Printing Office. Vassy, E. Commentaire sur la Ciné

matographie de l'Ensemble du Ciel. La Meteorologie (juillet-septembre,

1946), 292-301. Vegard, L. Investigations of the Auroral

Spectrum. Geophys. Publ., XL (1933,

No. 4), 53. Vestine, E. H. Noctilucent Clouds.

J. Roy. Astron. Soc. Can. (July-Aug-,

Sept., 1934). Walker, G. T. Clouds and Cells. Procès

1942), 1-34.

-and G. D. Robinson. Proc. Roy. Soc., London, (A) CLXXVII, 281329.

-and F. J. Scrase. Ibid., CLXI, 309-52. Stickley, A. R. An evaluation of

the Bergeron-Findeisen precipitation theory. Monthly Weather Review, LXVIII, 272-80. Störmer, C. Geofys. Publ., IV (1932, No. 4), 1-27.

Height and Velocity of Luminous Night Clouds Observed in Norwny, 1932. Publication No. 6. Oslo: University Observatory, 1933.

-Mel. Zeit., LXI (1926), 103. Weickmann, Helmut. Elements of Cloud

and Precipitation. Field Information Agency Final Report 1063, itern No. 27 (Office of U. S. Military Government for Germany, presumably

Berlin). Wexler, R. Radar Detection of a Frontal

Storm. J. Met., IV (June, 1946), 38-44.

Verbaux de l'Association de Météorologie, International Union of Geodesy and Geophysics (Lisbon, 1933).

-Some Recent Work on Cloud Forms. Q.). Roy. Met. Soc., LXV

(Jan., 1939), 28-30. Watanabe, M., Y. Isimanı, and K.

Yosinari. Report on the Cloud Observations made at the Mara Meteorological Observatory. Tokyo: Central

Meteorological Office, 1931. Wegener, A. Thermodynamik der

Atmosphäre. Leipzig, 1911. -Untersuchungen der Wolkenclemente auf den Höhen Sonnblick (3106 m.). Sitzber. d. math. Mature Kl. d. Akad. d. Wiss., CXVII, Wien 1908.

-Uber Beständigkeit und Koagulation von Nebel und Wolken, Physikalische Zeitschrilt. XXXI

(1930), 201-15. Wilson, C.T.R. Journal of the Franklin Institute, CCVIII (1929), 1-12.

Condensation of water vapour

and D. M. Swingle. Radar Storn Detection. Bull. Am. Met. Soc.,

XXVIII (April, 1947), 163. Whipple, F. J. W. How are Mock Suns

Produced? Q. J. Roy. Met. Soc., LXVI (July, 1940), 275-9.

- and J. A. Chalmers. On Wilson's Theory of the Collection of Charge by Falling Drops. Ibid., LXX (April,

1965), 103-19. Wigand, A. Die elektrokolloid En Eiger

schaften der Atmosphäre. Met. ZeR. XLVI (1929).

-Met. Zeit., XXX (1.), 10-18.

-and E. Frankenberger. Die elektrostatische Stabilisierung von Nebel und Wolken und die Niederschlagsbildung. Annalen der Hydr. w. Mer. Met. X/XI, Berlin, 1931.

in the presence of dust-free air and other gases. Phil. Trans. Roy. Soc., London, (A) CLXXXIX (1897), 265-307.

--On the condensation nuclei produced in gases by the action of Roentgen rays, uraniun rays, ultraviolet light and other agents. Ibid., (A) CXCII (1892), 403-53.

On the comparative efficiency as condensation nuclei of positively, and negatively charged ions. Ibid.,

(A) CXCIII (1900), 289-308. Wright, H. L. Atmospheric Opacity.

Q. J. Roy. Met. Soc., LXV (July, 1939), 411-42.

-Sca-salt_Nuclei. Ibid., LXVI (Jan., 1940), 3-11.

-The Origin of Sca-salt Nuclei. Ibid., 11.



الفهرس